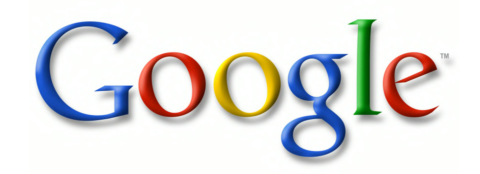
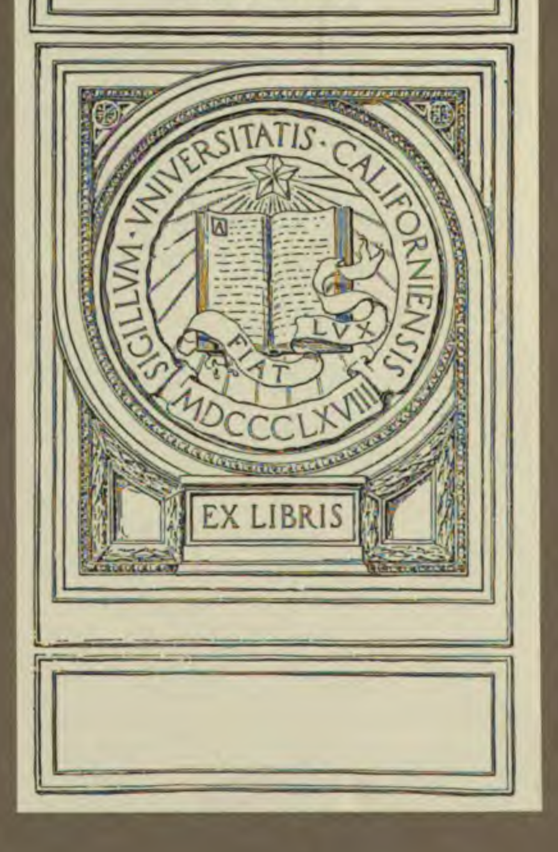



SIGILLVM · VNIVERSITATIS · CALIFORNIENSIS
FIAT LVX
MDCCCLXVIII
EX LIBRIS



ZEITSCHRIFT

FÜR

BIOLOGIE

VON

L. BUHL, M. v. PETTENKOFER, C. VOIT,

PROFESSOREN AN DER UNIVERSITÄT MÜNCHEN.

VIERZEHNTER BAND.

MÜNCHEN, 1878.

DRUCK UND VERLAG VON R. OLDENBOURG.

Inhalt.

Ueber Ventilationsformeln.

Von

Dr. Ar. Jacoby
aus Kharkow.

Der nützliche Effect der Ventilation hängt natürlich ab von dem Volumen der in der Zeiteinheit eintretenden (reinen) Luft; man hat zwei Hauptmethoden dieses Volumen zu bestimmen: 1) die anemometrische und 2) die anthracometrische. Da schwache und kleine Luftzüge sogar mit den besten Anemometern sich nicht messen lassen, der CO_2-Gehalt eines Raumes aber das Resultat ist aller Luftzüge in demselben, wie schwach und klein sie auch sein mögen, so fand in vielen Fällen die anthracometrische Methode ihre rationelle Anwendung (Pettenkofer, Schultze und Märker, Breiting, Schürmann, Wolffhügel). Die anthracometrische Methode bedarf natürlich einer besonderen Berechnung[1]), einer sogenannten Ventilationsformel, deren mehrere von verschiedenen Autoren (Seidel, Lenz, Hagenbach, Liebermeister, Schürmann, Kohlrausch, de Chaumont, Morin, Donkin, Parkes) vorgeschlagen worden sind.

Die anthracometrische Ventilationsberechnung lässt sich auf folgender Grundlage ausführen[2]): In einer Kammer (E^{cbm}), deren

1) „es muss zunächst ein Weg gefunden werden, die Abnahme (Zunahme) der CO_2 in ein cubisches Maass für die zufliessende frische Luft zu verwandeln“ (Pettenkofer).

2) Akad. E. Lenz, so viel ich aus der Literatur sehen konnte, war der erste, der den ganzen Entwicklungsgang einer genauen Ventilationsformel publicirt hat (Betrachtungen über Ventilation in unsern Klimaten in Mém. de l'Acad. de St. Petersbourg VII. Serie, IV. 1. N°. 1. 1863); seitdem wurde dieselbe Formel

Wände, Decke und Diele weder Luft noch CO_2 durchlassen, befinden sich m CO_2-Quellen, deren jede in 1 Stunde q^{cbm} CO_2 gleichmässig abgiebt. Die Kammer besitzt zwei Ventilationsöffnungen; eine für die gleichmässig eintretende äussere Luft (V^{cbm} in 1 Stunde), die andere für die ebenso gleichmässig austretende Kammerluft (V'^{cbm} in 1 Stunde). Temperatur und Druck aussen und innen sind constant; da die Ventilationsvolumina (V und V') ebenso constant sind, so haben wir $\frac{V'}{V} = \beta$. Der CO_2-Gehalt der Kammerluft im Anfange der Zeit ($\Theta = 0$) ist K_1 und am Ende der Versuchszeit ist K_2; der CO_2-Gehalt der eintretenden Luft ist K; die Zeit, in Stunden ausgedrückt, ist Θ und wird mit der Uhr und K_1 und K_2 anthracometrisch bestimmt. E, m, q, β und K sind bekannt und constant; V ist durch Berechnung zu finden; wir nehmen also an, dass mq und VK immer in der Kammerluft gleichmässig verbreitet sind. Es ist klar, dass der CO_2-Gehalt der Kammerluft und in Folge dessen der der austretenden Luft eine von der Zeit abhängige Variable ist; natürlich ist sie in die Berechnung der CO_2-Bilanz als Abgabe einzuführen; hier sind aber verschiedene Standpunkte möglich.

2. Da die Luft aus der Kammer gleichmässig abfliesst, so hat man das Recht, ihren CO_2-Gehalt, für den ganzen Zeitraum Θ berechnet, gleich der unbekannten wahren Mittelgrösse desselben, die wir p nennen wollen, anzunehmen; so haben wir:

$$EK_1 + \Theta mq + \Theta VK - \Theta V\beta p = EK_2$$

oder

$$V = \frac{\Theta mq - E(K_2 - K_1)}{\Theta(p\beta - K)} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (1)$$

Weiter unten (§. 5) werden wir sehen, dass p sowohl auf analytischem als experimentellem Wege gefunden werden kann.

---

auf ganz dieselbe Weise von den Herrn Liebermeister (1870), Schürmann (1876) und Lang (1876) wieder entwickelt. Es schien mir überflüssig, den Gegenstand noch einmal in derselben Weise zu berühren; ich suchte deshalb der Aufgabe eine ganz elementare Form zu geben, in der Hoffnung, dadurch diesem Theile der praktischen Hygiene einen vielleicht etwas weiteren Leserkreis zu gewinnen.

3. Da der CO_2-Gehalt der austretenden Luft eine uns unbekannte Variable ist, so wollen wir die willkürliche Annahme machen, dass die Luft nicht gleichmässig, sondern periodisch, stossweise, einmal im Laufe des Zeitraumes Θ aus der Kammer abfliesse; der dadurch bedingte Fehler ist offenbar um so grösser, je grösser Θ. So bekommen wir folgende Gleichungen:

a) Die austretende Luft fliesst periodisch am Ende eines jeden Θ ab:

$$\frac{EK_1 + \Theta mq + \Theta VK}{\Theta V\beta + E} = K_2$$

oder, wenn wir $K + \frac{mq}{V} = L$ und $\frac{V}{E} = U$ setzen,

$$K_2(1 + \Theta U\beta) = K_1 + L\Theta U = K_1 + \frac{L}{\beta}(1 + \Theta U\beta - 1)$$

oder

$$K_2 - \frac{L}{\beta} = \frac{K_1 - \frac{L}{\beta}}{1 + \Theta U\beta}.$$

b) Die austretende Luft fliesst periodisch im Anfange eines jeden Θ ab:

$$\frac{EK_1 - \Theta V\beta K_1 + \Theta mq + \Theta VK}{E} = K_2$$

oder

$$K_2 = K_1(1 - \Theta U\beta) + L\Theta U = K_1(1 - \Theta U\beta) + \frac{L}{\beta}[1-(1-\Theta U\beta)]$$

oder

$$K_2 - \frac{L}{\beta} = \left(K_1 - \frac{L}{\beta}\right)(1 - \Theta U\beta).$$

c) Machen wir endlich eine dritte willkürliche Annahme, dass der CO_2-Gehalt der austretenden Luft dem arithmetischen Mittel $\frac{K_1 + K_2}{2}$ gleich ist, so erhalten wir:

$$\frac{EK_1 + \Theta mq + \Theta VK - EK_2}{\Theta V\beta} = \frac{K_1 + K_2}{2}$$

oder

$$K_2\left(1+\frac{\Theta U\beta}{2}\right)=K_1\left(1-\frac{\Theta U\beta}{2}\right)+L\Theta U=$$
$$K_1\left(1-\frac{\Theta U\beta}{2}\right)+\frac{L}{\beta}\left[\left(1+\frac{\Theta U\beta}{2}\right)-\left(1-\frac{\Theta U\beta}{2}\right)\right]$$

oder

$$K_2-\frac{L}{\beta}=\left(K_1-\frac{L}{\beta}\right)\frac{1-\frac{\Theta U\beta}{2}}{1+\frac{\Theta U\beta}{2}}.$$

Wir haben gesehen, dass alle die drei Annahmen willkürlich sind und dass der dadurch bedingte Fehler mit wachsendem Θ wachsen muss; um also den Fehler möglichst klein zu machen, theilen wir Θ in n sehr kleine Zeiträume $\frac{\Theta}{n}$, und indem wir den diesen Zeiträumen entsprechenden fortlaufenden CO_2-Gehalt mit K_1', K_1'' .... $K_1^{(n)} = K_2$ bezeichnen, bekommen wir:

a) Die austretende Luft fliesst periodisch am Ende eines jeden Θ ab:

$$\frac{\Theta}{n}\cdots K_1'-\frac{L}{\beta}=\left(K_1-\frac{L}{\beta}\right)\frac{1}{1+\frac{\Theta U\beta}{n}}$$

$$\frac{2\Theta}{n}\cdots K_1''-\frac{L}{\beta}=\left(K_1'-\frac{L}{\beta}\right)\frac{1}{1+\frac{\Theta U\beta}{n}}=\left(K_1-\frac{L}{\beta}\right)\frac{1}{\left(1+\frac{\Theta U\beta}{n}\right)^2}$$

$$\frac{3\Theta}{n}\cdots K_1'''-\frac{L}{\beta}=\left(K_1''-\frac{L}{\beta}\right)\frac{1}{1+\frac{\Theta U\beta}{n}}=\left(K_1-\frac{L}{\beta}\right)\frac{1}{\left(1+\frac{\Theta U\beta}{n}\right)^3}$$

. . . .

$$\frac{n\Theta}{n}=\Theta\cdots K_1^{(n)}=\frac{L}{\beta}=\left(K_1-\frac{L}{\beta}\right)\frac{1}{\left(1+\frac{\Theta U\beta}{n}\right)^n}.$$

Wenn wir jetzt, um den Fehler ganz auszuschliessen, die Gränze nehmen, so erhalten wir, die Basis der natürlichen Logarithmen mit e bezeichnend,

$$\frac{K_2 - \frac{L}{\beta}}{K_1 - \frac{L}{\beta}} = \frac{1}{\lim\left(1 + \frac{\Theta U \beta}{n}\right)^n} = \frac{1}{e^{\Theta U \beta}}$$

eine Formel, in welcher der Rechnungsfehler ganz ausgeschlossen ist, die also eine genaue ist.

b) Die austretende Luft fliesst periodisch im Anfange eines jeden $\frac{\Theta}{n}$ ab; so bekommen wir:

$$K_2 - \frac{L}{\beta} = \left(K_1 - \frac{L}{\beta}\right)\left(1 - \frac{\Theta U \beta}{n}\right)^n$$

oder, die Gränze nehmend,

$$\frac{K_2 - \frac{L}{\beta}}{K_1 - \frac{L}{\beta}} = \frac{1}{\lim\left(1 - \frac{\Theta U \beta}{n}\right)^{-n}} = \frac{1}{e^{\Theta U \beta}}$$

also dieselbe genaue Formel.

c) Der CO_2-Gehalt der austretenden Luft ist gleich $\frac{K_1 + K_2}{2}$; so erhalten wir:

$$K_2 - \frac{L}{\beta} = \left(K_1 - \frac{L}{\beta}\right) \frac{\left(1 - \frac{\Theta U \beta}{2n}\right)^n}{\left(1 + \frac{\Theta U \beta}{2n}\right)^n}$$

oder, die Gränze nehmend,

$$\frac{K_2 - \frac{L}{\beta}}{K_1 - \frac{L}{\beta}} = \frac{1}{\lim\left(1 - \frac{\Theta U \beta}{2n}\right)^{-n} \lim\left(1 + \frac{\Theta U \beta}{2n}\right)^n} = \frac{1}{e^{\frac{\Theta U \beta}{2}} e^{\frac{\Theta U \beta}{2}}} = \frac{1}{e^{\Theta U \beta}}$$

also wieder dieselbe genaue Formel. Wollen wir jetzt K_2 bestimmen und statt L dessen Werth wieder einführend,

$$K_2 = \frac{K_1}{e^{\Theta U \beta}} + \left(K + \frac{mq}{V}\right)\left(1 - \frac{1}{e^{\Theta U \beta}}\right)\frac{1}{\beta} \quad . \quad . \quad . \quad (2)$$

Aus dieser Formel lassen sich alle vorgeschlagenen Ventilationsformeln entwickeln.

4. Es sind hier, in Bezug auf die sich in der Kammer bildende CO_2, zwei Hauptfälle möglich:

Erster Fall. Die CO_2 der constanten Quelle bildet sich auf Rechnung des Sauerstoffs der Kammerluft (z. B. brennende Kohlen, Kerzen, athmende Thiere), verändert also deren Volumen nicht: d. h. $V = V\beta$ oder $\beta = 1$. Diese Bedingung in die Gleichung (2) einführend, bekommen wir die Formel von E. Lenz:

$$K_2 = \frac{K_1}{e^{\Theta U}} + \left(K + \frac{mq}{V}\right)\left(1 - \frac{1}{e^{\Theta U}}\right) \quad . \quad . \quad . \quad (3)$$

Die Formel von Lenz ist insofern von Interesse, als man daraus folgende Ventilationsformeln erhalten kann:

a) Wenn wir $e^{\Theta U}$ bestimmen und den natürlichen Logarithmus nehmen, so erhalten wir, da $\frac{V}{E} = U$ ist, die erste Formel von Hagenbach[1]):

$$U = \frac{1}{\Theta} \log. \text{nat.} \frac{K_1 - K - \frac{mq}{EU}}{K_2 - K - \frac{mq}{EU}} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (4)$$

b) Wenn wir $m = 0$ nehmen, so erhalten wir die zweite Formel von Hagenbach[1]):

$$U = \frac{1}{\Theta} \log. \text{nat.} \frac{K_1 - K}{K_2 - K} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (5)$$

c) Wenn wir $\Theta = 1$ nehmen und zu den gewöhnlichen Logarithmen übergehen, so erhalten wir die erste Formel von Seidel[2]):

$$V = 2{,}3025 \ldots\ldots E \log. \frac{K_1 - K}{K_2 - K} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (6)$$

---

1) Breiting, Untersuchungen betreffend den CO_2-Gehalt der Luft in Schulzimmern. Bericht an das Sanitätscollegium von Basel-Stadt. Basel 1871. p. 49—50.

2) Pettenkofer, Besprechung allgemeiner auf die Ventilation bezüglicher Fragen (Abhandl. d. naturwissensch.-techn. Commission bei d. königl. bayr. Akad. d. Wissenschaften in München. München. II. Bd. 1858.

d) Wenn wir $m = 1$ nehmen und $K_2 - K$ bestimmen, so erhalten wir die Formel von Liebermeister[1]):

$$K_2 - K = \frac{q}{V} + \frac{V(K_1 - K) - q}{V e^{\Theta U}}.$$

e) Wenn wir Θ bestimmen, so erhalten wir die Formel von Schürmann[2]):

$$\Theta = \frac{E}{V} \log.\,\text{nat.} \frac{qm - V(K_1 - K)}{qm - V(K_2 - K)}.$$

f) Wenn wir $\Theta = \infty$ nehmen, wobei K_2 ihren Gränzwerth bekommt, und $\frac{V}{m}$ bestimmend, so erhalten wir die Formel von Parkes[3]):

$$\frac{V}{m} = \frac{q}{L - K} \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (7)$$

g) Wenn wir statt der ganzen convergenten Reihe $e^{\Theta U}$ nur deren zwei erste Glieder behalten und folglich einen Rechnungsfehler willkürlich einführen, so erhalten wir:

$$K_2' = \frac{K_1}{1 + \Theta U} + \left(K + \frac{mq}{V}\right)\left(1 - \frac{1}{1 + \Theta U}\right)$$

oder V bestimmend,

$$V = \frac{\Theta mq - E(K_2 - K_1)}{\Theta(K_2 - K)}.$$

α) Wenn der CO_2-Gehalt K_2 einem vorher bestimmten Maximalwerthe γ gleich ist, so erhalten wir die Formel von Donkin[4]):

$$\Theta V = \frac{\Theta mq + E(K_1 - \gamma)}{\gamma - K}.$$

---

1) Liebermeister, Untersuchungen über die quantitativen Veränderungen d. CO_2-Production beim Menschen (D. Archiv f. klin. Medicin VII. Bd. 1. Heft. 1870. p. 82).

2) Schürmann, Ueber einige Verhältnisse d. natürlichen Ventilation (IV. und V. Jahresbericht d. Chem. Centralstelle in Dresden. 1876. p. 126).

3) Parkes, A Manual of practic. Hygiene. 3. edit. 1869. p. 120.

4) Parkes l. c. p. 120.

β) Wenn $\Theta = 1$, $m = 1$, $K_1 = \gamma$, so bekommen wir die Formel von de Chaumont[1]):

$$V + E = E\frac{\frac{q}{E} + K_1 - K}{\gamma - K}$$

γ) Wenn $\Theta = 1$, $m = 1$, $K_2 = \gamma$ und $K_1 = K$, so bekommen wir die Formel von Morin[2]):

$$V = \frac{q - E(\gamma - K)}{\gamma - K}.$$

δ) Wenn $m = 1$, so bekommen wir die Formel von Kohlrausch[3]) $\left(\text{da } \frac{1}{e^{\Theta v}} = \frac{e^{-\frac{\Theta v}{2}}}{e^{\frac{\Theta v}{2}}}\right)$:

$$V = \frac{q + (K_1 - K_2)\frac{E}{\Theta}}{\frac{K_1 + K_2}{2} - K} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (8)$$

h) Wenn wir in der Reihe $e^{\Theta\mu}$, $\mu = 0$ nehmen, so erhalten wir:

$$K_2 = K_1 + \frac{\Theta m q}{E} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (8')$$

Diese von E. Lenz für den Fall, wenn die Kammer nicht ventilirt ist, angegebene Formel ist an und für sich klar, da $EK_2 = EK_1 + \Theta m q$.

Zweiter Fall. Die CO_2 der constanten Quelle bildet sich unabhängig von der Kammerluft (z. B. bei der Reaction von $NaHCO_3$ und H_2SO_4, wie es in dem Versuch von Pettenkofer am 20. October und 11. December 1857 der Fall war (l. c. p. 81—82 und Tabelle p. 88); es ist klar, dass in diesem Falle das Volumen

1) Parkes l. c. p. 120.

2) Morin, Note sur l'éspace cubique et sur le volume d'air necessaire pour assurer la salubrité des lieux habités (Annal. du Conserv. d. art. et métiers T. IX No. 36. 4. Fascic. Paris 1873. p. 513—514.)

3) Schultze und Märcker, Ueber den CO_2-Gehalt der Stallluft. 1869. Göttingen.

der austretenden Luft ($V' = V\beta$) um mq^{cbm} grösser sein muss als das Volumen der eintretenden Luft (V) und zwar: $V_1 = V + mq = V\left(1 + \frac{mq}{V}\right)$ oder $\beta = 1 + \frac{mq}{V}$. Diese Bedingung in die Gleichung (1) einführend und $e^{\Theta v\left(1 + \frac{mq}{V}\right)}$ bestimmend und den gewöhnlichen Logarithmus nehmend, erhalten wir die zweite Formel von Seidel[1]), indem wir den CO_2-Gehalt am Ende der Versuchszeit Θ mit Q_2 bezeichnen,

$$(9) \ldots \frac{\Theta V}{E}\left(1 + \frac{mq}{V}\right) \operatorname{Log} e = \operatorname{Log} \frac{K_1 - \left(K + \frac{mq}{V}\right)\frac{1}{1 + \frac{mq}{V}}}{Q_2 - \left(K + \frac{mq}{V}\right)\frac{1}{1 + \frac{mq}{V}}}$$

$$= \operatorname{Log} \frac{K_1 - K - \frac{mq}{V}(1 - K_1)}{Q_2 - K - \frac{mq}{V}(1 - Q_2)}.$$

Für den Fall, wenn in der Kammer keine CO_2-Quelle vorhanden ist, d. h. wenn $m = 0$, bekommen wir die erste Formel von Seidel.

Es ist also klar, dass die Formeln (7) von Seidel und die (4) von Hagenbach dieselbe genaue Berechnungsart[2]) darstellen,

---

1) Lang und Wolffhügel, Ueber Lüftung und Heizung von Eisenbahnwagen (Zeitschrift f. Biologie XII. Bd. IV. Heft. 1876. p. 599.)

2) H. Lang (l. c. p. 602—603) meint, die Formel von Hagenbach sei nicht so genau wie die von Seidel und könnte „unter Umständen zu grossen Fehlern führen". „In dem äusserst seltenen Falle, wenn der Luftwechsel so schwach war, dass für die producirten (mq) Volumeneinheiten CO_2 fast nur mq Volumina Luft abgeführt wurden, erweist sich die Formel von Hagenbach nicht mehr zutreffend. Bei hinreichend grossem Θ könnte ($K_2 - K_1$) einen beliebig grossen Werth bekommen, ja selbst > 1 werden, was absurd ist. Die strengere Formel Seidel's liefert dagegen für diesen Fall, der allerdings extrem ist, noch immer das Resultat: $\operatorname{Log} \frac{1 - K_1}{1 - K_2} = \frac{mq}{E}$." Dieser Kritik kann man durchaus nicht beistimmen und zwar aus folgenden Gründen: Es ist wahr-

und dass sie nur insofern verschieden sind, dass sie für zwei verschiedene Fälle bestimmt sind: nämlich die Formel von Seidel ist für den Fall bestimmt, wenn die CO_2 der constanten Quelle von dem Sauerstoff der Kammerluft unabhängig ist; die Formel von Hagenbach aber ist für den Fall bestimmt, wenn die CO_2 der constanten Quelle von dem Sauerstoff der Kammerluft abhängig ist.

5. Wir haben gesehen, dass die Ventilationsgrösse (U) eine logarithmische Function ist und dass sie dabei unter dem Loga-

---

scheinlich hier der Fall gemeint, wenn $V = 0$, denn aus der Formel von Seidel erhalten wir:

$$\frac{\Theta m q}{E} = \text{log. nat.} \frac{1 - K_1}{1 - Q_2}$$

aus der Formel von Hagenbach:

$$\frac{\Theta m q}{E} = K_2 - K_1 \quad \text{oder } K_2 = K_1 + \frac{\Theta m q}{E}.$$

Diese letzte Formel ist aber die sehr einfache, früher citirte (§. 4. h) Formel von E. Lenz für den Fall, wenn die Kammer nicht ventilirt ist, was also ganz natürlich ist. Nehmen wir jetzt in derselben Formel $\Theta = \infty$; da K_2 nie grösser als 1 sein kann (Constanz des Luftdrucks), so erhalten wir $m q = 0$, was ebenso ganz verständlich ist. Die Formeln von Seidel und Hagenbach sind also beide genau; sie müssen aber verschiedene Resultate geben, da sie für verschiedene Fälle bestimmt sind (§. 4).

Schürmann und Lang stellten sich dieselbe Aufgabe: Schürmann (l. c. p. 129—132) die Formeln (4), (8) und (7) benutzend, führt empirische Correctionen ein und bekommt so „auf ziemlich umständlichem Wege“ den approximativen Werth von V. Lang (l. c. p. 600) führt in die Formel (g) die Hilfsgrösse $Z = K + \frac{mq(1-K)}{V + mq}$, und $\text{Log}\,\frac{E\,.\,\Theta m q(1-K)}{E}$ mit ϱ bezeichnend, erhält er: $\text{Log}\,\frac{K_1 - Z}{K_2 - Z} = \frac{\varrho}{Z - K}$; um jetzt dem Werthe von Z nahe zu kommen, setzt er dessen Werth aus der Formel (8) ein. Nachdem so ein der Richtigkeit nahe liegender Werth für Z gefunden ist, wird derselbe in die Gleichung eingesetzt und corrigirt, bis die beiden Gleichungsseiten nahe genug übereinstimmen. Der Vorzug der Formel (a a. O. S. 605) veranlasste Lang nach einer Correctur zu suchen; er findet sie empirisch: $V = \frac{mq + (K_1 - K_2)\frac{E}{\Theta}}{\frac{K_1 + \lambda\mu K_2}{1 + \lambda\mu} - K}$, wobei unter μ das für den jeweiligen Ventilationsmodus und die betreffende Versuchszeit Θ durch Seidel's Formel neu zu bestimmende Uebergewicht verstanden ist. (Die corrigirte Formel ist für die λfache Versuchszeit bestimmt.)

rithmuszeichen eingeschlossen ist; um diesen störenden Umstand möglichst einfach zu umgehen und dem praktischen Ziele Breiting's Rechnung zu tragen, lässt Hagenbach, nachdem die Schüler aus dem Schulzimmer entfernt sind, eine U-Bestimmung machen nach der Formel (5) und wegen der CO_2-Entwicklung des Beobachters eine Correction nach der Formel (4) anbringen. Es ist klar, dass es sehr viele Fälle giebt, wo man dabei auf unüberwindliche Hindernisse stossen muss (z. B. in einem Krankensaale, in einem Gefängnisse etc.). Es schien mir wünschenswerth, zur Lösung der Aufgabe einen anderen Weg einzuschlagen; jetzt wollen wir den ersten Fall besprechen, da derselbe bei weitem der häufigste und für die Praxis der wichtigste ist.

Behufs dessen führen wir in unsere Formeln eine Grösse ein, die eine Function von Θ ist und sich experimentell bestimmen lässt; dies kann auf zweifachem Wege geschehen:

a) Statt zwei anthracometrischen Bestimmungen (K_1 und K_2) machen wir deren drei (K_1, K_2, K_3), wobei die Zeitabschnitte (Θ) gleich sind; nach der Formel (3) bekommen wir:

$$K_2 = \frac{K_1}{e^{\Theta v}} + \left(K + \frac{mq}{V}\right)\left(1 - \frac{1}{e^{\Theta v}}\right)$$

$$K_3 = \frac{K_2}{e^{\Theta v}} + \left(K + \frac{mq}{V}\right)\left(1 - \frac{1}{e^{\Theta v}}\right).$$

Subtrahirend,

$$K_2 - K_3 = \frac{K_1 - K_2}{e^{\Theta v}}$$

oder

$$U = \frac{1}{\Theta} \text{ log. nat. } \frac{K_1 - K_2}{K_2 - K_3} \quad \ldots\ldots \quad (10)$$

d. h. eine Formel sowohl für bewohnte als unbewohnte Räume, wo die Ventilationsgrösse (U) von den constanten K, m und q unabhängig ist, was von praktischem Werthe sein kann[1]).

1) Abends oder in der Nacht, bei künstlicher Beleuchtung, wenn die Ventilationsverhältnisse, z. B. in einem Krankenhause, so ziemlich constant geworden sind, haben wir neue CO_2-Quellen (Gasbrenner, Nachtlampen etc.),

Wenn wir mit (Ox)— den normalen Titre (2,8636[mg] auf 1[ccm]) der Oxalsäurelösung bezeichnen, mit (Ba)— den Titre der Barythydratlösung, mit b und S— die Zahl der Cubikcentimeter der beiden Lösungen, die vor dem Versuch zur Neutralisation nothwendig sind, mit d— die Zahl der Cubikcentimeter CO_2 bei 0° und 760[mm], die dem Cubikcentimeter Oxalsäurelösung entsprechen, mit S_1, S_2 und S_3— die Zahl der Cubikcentimeter Oxalsäurelösung, die nothwendig sind am Ende der drei Versuche, um b. (Ba) zu neutralisiren, und mit R— die Zahl der Cubikcentimeter der jedesmal untersuchten Luft bei 0° und 760[mm], so haben wir:

$$K_1 = \frac{b(S - S_1)(\mathrm{Ox})d}{R},\ K_2 = \frac{b(S - S_2)(\mathrm{Ox})d}{R},\ K_3 = \frac{b(S - S_3)(\mathrm{Ox})d}{R}$$

oder

$$U = \frac{1}{\Theta} \log.\mathrm{nat.} \frac{S_1 - S_2}{S_2 - S_3}$$

d. h. bei der Berechnung nach der Formel (10) ist U von (Ox) unabhängig; es können also Lösungen von willkürlichem (unbekanntem) Titre angewendet werden.

b) Statt zwei anthracometrischen Bestimmungen (K_1 und K_2) machen wir deren drei (K_1, K_2 und p), wo p den wahren mittleren CO_2-Gehalt der gleichmässig austretenden Luft während der ganzen Zeit Θ bezeichnet; analytisch und experimentell lässt sich p bestimmen wie folgt.

---

die wir $q_1 + q_2 + q_3 + \ldots = Q$ bezeichnen wollen; wenn Q (ebenso wie K, m, q, V) constant ist, so haben wir:

$$K_2 = \frac{K_1}{e^{\Theta U}} + \left(K + \frac{mq + Q}{V}\right)\left(1 - \frac{1}{e^{\Theta U}}\right)$$

$$K_3 = \frac{K_2}{e^{\Theta U}} + \left(K + \frac{mq + Q}{V}\right)\left(1 - \frac{1}{e^{\Theta U}}\right).$$

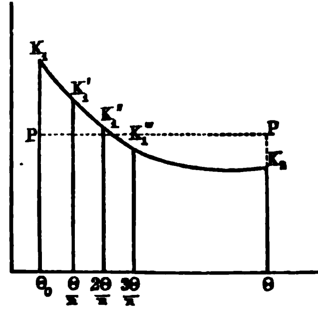
Folglich $$U = \frac{1}{\Theta} \log.\mathrm{nat.} \frac{K_1 - K_2}{K_2 - K_3}.$$

Die Formel (10) lässt sich also auch in diesem Falle anwenden, wobei Q unbekannt aber constant ist; eine Voraussetzung, die wahrscheinlich in vielen Fällen angenommen werden kann.

Analytisch. Wir haben das Recht, uns den fortlaufenden CO_2-Gehalt K_1, K_1', K_1'' K_1''' ..... K_2 als eine Ordinatenreihe und die Zeitabschnitte

$$\frac{\Theta}{n}, \frac{2\Theta}{n}, \frac{3\Theta}{n} \ldots \frac{n\Theta}{n} = \Theta$$

als eine fortlaufende Punktreihe auf der Abscissenaxe zu denken; wenn wir die freien Ordinaten-Enden mit einer Linie verbinden und an die Gränze übergehen, so bekommen wir eine Curve, die durch die beistehende Figur dargestellt ist.



Es wird gesucht ein Rechteck $\Theta_0 PP\Theta$, dessen Fläche der Fläche der Figur $\Theta_0\ K_1\ K_1'\ K_1''$ ..... $K_2\,\Theta$ äquivalent ist; da aber diese letzte Fläche

$$= \lim \left(K_1' \frac{\Theta}{n} + K_1'' \frac{\Theta}{n} + K_1''' \frac{\Theta}{n} + \cdots\cdots + K_2 \frac{\Theta}{n}\right) \text{ und}$$

$\Theta_0 P = \Theta P = p$, so haben wir:

$$\square\, \Theta_0 PP\Theta = \Theta p = \lim \Theta \left[\frac{K_1' + K_1'' + K_1''' + \cdots\cdots + K_2}{n}\right]$$

oder

$$p = \lim \left[\frac{K_1' + K_1'' + K_1''' + \cdots\cdots + K_2}{n}\right].$$

Führen wir jetzt die früher (§. 3.a) gefundenen Werthe von $K_1'\ K_1''$ ..... K_2, nachdem $\beta = 1$ gesetzt ist, hier ein:

$$p = (K_1 - L) \lim \left\{\frac{1}{1 + \frac{\Theta U}{n}} + \frac{1}{\left(1 + \frac{\Theta U}{n}\right)^2} + \cdots + \frac{1}{\left(1 + \frac{\Theta U}{n}\right)^n}\right\} \frac{1}{n} + L$$

oder

$$\frac{p - L}{K - L} = \lim \left[\frac{\frac{1}{1 + \frac{\Theta U}{n}} \left\{\frac{1}{\left(1 + \frac{\Theta U}{n}\right)^n} - 1\right\}}{n\left(\frac{1}{1 + \frac{\Theta U}{n}} - 1\right)}\right] = \frac{e^{\Theta U} - 1}{\Theta U e^{\Theta U}}$$

oder, den Werth $L = K + \frac{mq}{V}$ einführend,

$$e^{\Theta v} = \frac{K_1 - K - \frac{mq}{V}}{K_1 - K - \frac{mq}{V} - \Theta U\left(p - K - \frac{mq}{V}\right)}$$

oder

$$p = \frac{K_1(e^{\Theta v} - 1)}{\Theta U e^{\Theta v}} + \left(K + \frac{mq}{V}\right)\left(1 - \frac{e^{\Theta v} - 1}{\Theta U e^{\Theta v}}\right) \quad (11)$$

Experimentell. Ausser der früher erwähnten Methode (mittels der Flasche), hat Professor Pettenkofer, wie bekannt, eine andere vorgeschlagen und zwar wenn man die zu untersuchende Luft durch ein dazu besonders gebogenes Rohr mit Aetzbarytlösung langsam genug durchleitet; das Eigenthümliche der Methode ist, dass der ununterbrochene gleichmässige Strom des Aspirators (nach dem Princip der Mariotte'schen Flasche) einen ununterbrochenen, gleichmässigen Strom erzeugt, der in ausserordentlich kleinen Zeitabschnitten $\left(\frac{\Theta}{n}\right)$ ausserordentlich kleine Luftproben (K_1', K_1'' ......) fortreisst und durch die Barytlösung durchführt. Die so durch die Barytlösung gesammelte Summe der CO_2 der durchgezogenen Luftproben, also $\frac{K_1' + K_1'' + \cdots\cdots + K_2}{n} = p$, wird chemisch untersucht und bestimmt. Es ist also klar, dass wir hier gerade dasselbe p chemisch finden, welches wir in der Formel (11) analytisch gefunden haben; wir haben also das Recht, das so gefundene p als eine anthracometrische Grösse in die Formel einzusetzen.

Wenn wir uns jetzt vorstellen, dass in derselben Kammer, zu derselben Zeit, unter denselben Umständen, K_1, K_2 und p anthracometrisch bestimmt und in die Formeln (4) und (11) eingesetzt werden, so sind die erhaltenen U-Werthe einander gleich, d. h.

$$e^{\Theta v} = \frac{K_1 - K - \frac{mq}{V}}{K_2 - K - \frac{mq}{V}} = \frac{K_1 - K - \frac{mq}{V}}{K_1 - K - \frac{mq}{V} - \Theta U\left(p - K - \frac{mq}{V}\right)}$$

oder

$$(12) \quad \ldots \quad U = \frac{\frac{\Theta m q}{E} - (K_2 - K_1)}{\Theta(p - K)}$$, was zu erwarten war (§. 2).

Wir haben also eine einfache genaue Formel erhalten; die ihr entsprechende Technik der Ventilationsuntersuchung ist folgende: 1) Man füllt die erste Flasche (K_1) mit Kammerluft und lässt zugleich das Wasser aus dem Aspirator fliessen; nach Verlauf einer bestimmten Zeit (Θ) füllt man die zweite Flasche (K_2) und schliesst zugleich den Aspirator zu. Die Berechnung der Ventilationsgrösse der Kammer wird nach der Formel (12) ausgeführt.

6. Die Bedingungen der Anwendbarkeit der Formeln sind: a) gleichmässige Vertheilung der CO_2- und Luftmoleküle im Kammerraume; b) Gleichmässigkeit der constanten CO_2-Quelle; c) constanter CO_2-Gehalt der eintretenden Luft, und d) Gleichmässigkeit der constanten Ventilation; wollen wir diese Bedingungen etwas näher besprechen.

a) Gleichmässigkeit der CO_2-Vertheilung. Es giebt Gründe genug, um den CO_2-Molekülen eine unbeschränkte Beweglichkeit abzusprechen; man muss also fragen, ob deren reelle Beweglichkeit von der angenommenen so weit abweicht, dass der dadurch entstehende Fehler die Anwendung der Ventilationsformel zur Lösung praktischer Fragen nicht berechtigt. Diese Frage ist nur auf experimentellem Wege zu lösen; in München existirt der in der physiologischen Literatur wohl bekannte Respirationsapparat, dessen Aufgabe (Untersuchung der Gesetze der Ernährung) genaue Beobachtungen fordert. Wir haben also das Recht, in den mit demselben gemachten Beobachtungen einen Boden für unsere Betrachtungen zu suchen. Das Princip des Apparats ist sehr einfach: eine Kammer aus Eisenblech und Glas wird mittels einer Dampfmaschine par appel ventilirt, wobei das Volumen der in der Zeiteinheit austretenden Luft bekannt ist; der CO_2-Gehalt wird anthracometrisch bestimmt; es wurden mit dem Apparat Controlversuche gemacht, „um auf rein praktischem Wege die Fehlergränzen des Apparats zu ermitteln"; solcher Controlversuche sind damals (1862) zwölf

veröffentlicht, deren sieben für die CO_2 und fünf für den Wasserdampf. Statt K_1 anthracometrisch direct zu bestimmen, liess man etwa eine halbe Stunde vor Beginn des eigentlichen Versuchs den Apparat im Gange, um die in der Kammer befindliche Luft zu wechseln (Pettenkofer, Ann. d. Chem. u. Pharm. II. Suppl.-Band 1. Heft 1862), d. h. $K_1 = K$ zu setzen. Wir wollen diese Bedingung in die Formeln (3) und (11) einführen:

$$K_2 - K = \frac{mq}{V}\left(1 - \frac{1}{e^{\Theta U}}\right) \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (a)$$

$$p - K = \frac{mq}{V}\left(1 - \frac{e^{\Theta U} - 1}{\Theta U e^{\Theta U}}\right) \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (b)$$

Da ausserdem „der Inhalt der Kammer einer besonderen Berechnung unterlag“, so wurde folgender Weg eingeschlagen: „Eine gewisse Gleichmässigkeit in Entwicklung der CO_2 vorausgesetzt, wird die Menge der zuletzt in der Kammer entwickelten und zurückgebliebenen CO_2 proportional sein der CO_2 in der durch die grosse Gasuhr gegangenen Luft, wenn man sie auf ein um E^{cbm} kleineres Volumen berechnet; denn die anfänglich in der Kammer befindlichen E^{cbm} sind einer Verdünnung, einer Verringerung der Differenz im CO_2-Gehalte gleich zu achten.“ (Pettenkofer l. c. p. 39.) Algebraisch ausgedrückt heisst es: $E(K_2 - K) = E\frac{\Theta V(p-K)}{\Theta V - E}$. Um darüber eine Vorstellung zu gewinnen, wollen wir $\frac{mq}{V}$ aus der Gleichung (b) bestimmen und in die Gleichung (a) einsetzen:

$$K_2 - K = (p - K)\frac{\Theta U\left(1 - \frac{1}{e^{\Theta U}}\right)}{\Theta U - \left(1 - \frac{1}{e^{\Theta U}}\right)}$$

oder

$$E(K_2 - K) = E\frac{\Theta V(p-K)\left(1 - \frac{1}{e^{\Theta U}}\right)}{\Theta V - E\left(1 - \frac{1}{e^{\Theta U}}\right)}.$$

Nun, $\frac{1}{e^{\Theta U}} = 0$ nehmend,

$$E(K_2 - K) = E\frac{\Theta U(p-K)}{\Theta V - E}.$$

Diese einfachere Rechnungsart ist also nur in dem Falle erlaubt, wenn ΘU gross genug ist, um den daraus entstehenden Berechnungsfehler innerhalb der Fehlergränze der Beobachtung einzuschliessen.

Wir nehmen an, es sei in der Kammer E eine constante, von der Kammerluft unabhängige CO_2-Quelle vorhanden, die im Laufe der Zeit Θ, in der Kammer $\Theta m q^{\text{cbm}}$ CO_2 gleichmässig abgiebt; ein Theil dieser CO_2-Menge, nämlich $\frac{\Theta V(p-K)}{\Theta m q}$, fliesst mit der austretenden Luft aus und der andere Theil, nämlich $\frac{E(K_2-K)}{\Theta m q}$ $= 1 - \frac{\Theta V(p-K)}{\Theta m q}$, bleibt in der Kammer zurück. Wollen wir eine dieser zwei Grössen, z. B. $\frac{\Theta V(q-K)}{\Theta m q}$, theoretisch und experimentell bestimmen und die Resultate unter einander vergleichen:

Theoretisch: $1 - \left(\frac{1}{\Theta U} - \frac{1}{\Theta U e^{\Theta U}}\right)$, Experimentell: $\frac{\Theta V(p-K)}{\Theta m q}$.

Die früher erwähnten Controlversuche mit CO_2 zu Hilfe nehmend, bekommen wir folgende Tabelle:

Versuch		Theoretisch	Experimentell	Differenz
I.	1. März 1861:	0,93713 ...	0,93146 ...	+ 0,00567 ...
II.	„ „	0,92220 ...	0,91793 ...	+ 0,00427 ...
III.	„ „	0,96374 ...	0,96391 ...	— 0,00017 ...
IV.	„ „	0,93590 ...	0,92726 ...	+ 0,00864 ...
V.	„ „	0,93515 ...	0,93553 ...	— 0,00038 ...
VI.	28. März 1862[1]:	0,93910 ...	0,95466 ...	— 0,01556 ...
VII.	25. April 1862:	0,82926 ...	0,83396 ...	— 0,00470 ...

1) Ich lasse den Versuch VI bei Seite, da dabei mehr CO_2 gefunden wurde (273,4 g), als die CO_2-Quelle davon liefern konnte (269,1 g).

Die kleine Zahl der Beobachtungen, die gleichmässige Vertheilung der + und — Fehler, die Unvollkommenheiten des Apparats und die mannigfaltigen Bedingungen, die bei der Verbrennung der Stearinkerzen maassgebend sind u. s. w., führen uns zu dem Schluss, dass das theoretische und experimentelle Resultat überhaupt ziemlich gut übereinstimmen, wenn die Dauer des Versuchs nicht zu kurz, die Vertheilung der Temperatur ziemlich gleichmässig und einige Maassregeln für eine gleichmässigere Luftmischung im Kammerraume getroffen sind.

b) Gleichmässigkeit der constanten CO_2-Quelle. Es sei q unconstant; die Zeitperiode Θ in kleine Zeitabschnitte $\left(\frac{\Theta}{n}\right)$ theilend und die ihnen entsprechenden q-Werthe mit q_1, q_2, $q_3 \ldots q_n$ bezeichnend, haben wir nach der Formel (12):

$$EK_1 + \frac{\Theta}{n} m q_1 + \frac{\Theta}{n} VK - \frac{\Theta}{n} Vp_1 = EK_1'$$

$$EK'_1 + \frac{\Theta}{n} m q_2 + \frac{\Theta}{n} VK - \frac{\Theta}{n} Vp_2 = EK_1''$$

. . . .

$$EK_1^{(n-1)} + \frac{\Theta}{n} m q_n + \frac{\Theta}{n} VK - \frac{\Theta}{n} Vp_n = EK_1^{(n)} = EK_2.$$

Addirend,

$$EK_1 + \Theta m \frac{\Sigma q}{n} + \Theta VK - \Theta V \frac{\Sigma p}{n} = EK_2$$

oder

$$U = \frac{\frac{\Theta m}{E} \cdot \frac{\Sigma q}{n} - (K_2 - K_1)}{\Theta\left(\frac{\Sigma p}{n} - K\right)}.$$

Die Formel (12) ist also anwendbar in dem Falle, wenn q unconstant, aber als Mittelwerth für die Zeitperiode Θ bekannt ist.

c) Constanz des CO_2-Gehaltes der eintretenden Luft. Es sei K unconstant; die den Zeitabschnitten $\frac{\Theta}{n}$ entsprechenden K-Werthe mit $h_1, h_2, h_3 \ldots h_n$ bezeichnend, haben wir:

$$U = \frac{\frac{\Theta m}{E} \cdot \frac{\Sigma q}{n} - (K_2 - K_1)}{\Theta\left(\frac{\Sigma p}{n} - \frac{\Sigma h}{n}\right)}$$

d. h. die Formel (12) lässt sich auch in diesem Falle anwenden, wenn q und K unconstant, aber als Mittelwerthe für die Zeitperiode Θ bekannt sind.

d) Gleichmässigkeit der Ventilation. Da $\frac{\Sigma Vp}{\Sigma V}$ und $\frac{\Sigma Vh}{\Sigma V}$ Mittelwerthe zweiter Ordnung sind und experimentell sich nicht bestimmen lassen, so nehmen wir einen anderen Weg ein:

a) Es sei keine CO_2-Quelle in der Kammer vorhanden (unbewohnter Raum) und V unconstant; die den Zeitabschnitten $\frac{\Theta}{n}$ entsprechenden U-Werthe mit $U_1, U_2 \ldots U_n$ bezeichnend, nach der Formel (10) haben wir:

$$\frac{\Theta}{n} U_1 = \text{log. nat.} \frac{K_1 - K}{K_1' - K}$$

$$\frac{\Theta}{n} U_2 = \text{log. nat.} \frac{K_1' - K}{K_1'' - K}$$

. . . .

$$\frac{\Theta}{n} U_n = \text{log. nat.} \frac{K_1^{(n-1)} - K}{K_2 - K}.$$

Addirend,

$$\frac{\Sigma U}{n} = \frac{1}{\Theta} \text{log. nat.} \frac{K_1 - K}{K_2 - K}.$$

So erhalten wir den Mittelwerth der Ventilationsgrösse während Θ.

b) Führen wir ein bei gegebener Temperatur fremdes constantes Gas (H_2S, Cl etc.) in die Kammer ein und untersuchen wir die Kammerluft auf ihren Gehalt an diesem Gas im Anfange (g_1)

und am Ende (g_2) der Beobachtungszeit (Θ); nach der Formel (4), da die entsprechenden $q = 0$ und $K = 0$ sind, haben wir:

$$\frac{\Theta}{n} U_1 = \text{log. nat. } g_1 - \text{log. nat. } g_1'$$

$$\frac{\Theta}{n} U_2 = \text{log. nat. } g_1' - \text{log. nat. } g_1''$$

$$\cdots\cdots\cdots\cdots$$

$$\frac{\Theta}{n} U_n = (\text{log. nat. } g_1^{(n-1)} - \text{log. nat. } g_2).$$

Addirend,

$$\frac{\Sigma U}{n} = \frac{1}{\Theta} (\text{log. nat. } g_1 - \text{log. nat. } g_2) \quad \cdots \quad (13)$$

So erhalten wir den Mittelwerth einer unconstanten Ventilation, unabhängig von K und mq, die unconstant und unbekannt sein können.

7. In Bezug auf Ventilation der Wohngebäude (Krankenhaus, Gefängniss, Caserne, Schiffskajüte etc.) wird man wohl häufig dem folgenden Fall begegnen: Es wird gesucht die Ventilationsgrösse eines Zimmers, dessen äusere Wand die Atmosphäre und dessen drei inneren Wände drei verschiedene Wohnräume berühren; die eintretende Luft kann also hier von vier verschiedenen Seiten mit vier verschiedenen Volumenwerthen (β_1, β_2, β_3, β_4) und vier verschiedenen CO_2-Gehalten (h_1, h_2, h_3, h_4) eintreten. Hierbei sind zwei Fälle möglich:

a) β, h und sind q constant und unbekannt.

Nach der Formel (12) haben wir:

$$EK_1 + \Theta mq + \Theta(\beta_1 h_1 + \beta_2 h_2 + \beta_3 h_3 + \beta_4 h_4) - \Theta V p_1 = EK_2$$
$$EK_2 + \Theta mq + \Theta(\beta_1 h_1 + \beta_2 h_2 + \beta_3 h_3 + \beta_4 h_4) - \Theta V p_2 = EK_3.$$

Subtrahirend,

$$U = \frac{2K_2 - K_1 - K_3}{\Theta(p_2 - p_1)} \quad \cdots\cdots \quad (14)$$

Es kann hier auch die Formel (10) angewendet werden[1]).

---

1) Da

$$K_2 = \frac{K_1}{e^{\Theta U}} + \left(\frac{\Sigma\beta h + mq}{V}\right)\left(1 - \frac{1}{e^{\Theta U}}\right)$$

und

$$K_3 = \frac{K_2}{e^{\Theta U}} + \left(\frac{\Sigma\beta h + mq}{V}\right)\left(1 - \frac{1}{e^{\Theta U}}\right)$$

so haben wir:

$$U = \frac{1}{\Theta} \text{log. nat.} \frac{K_1 - K_2}{K_2 - K_3}.$$

b) β, h und q sind unconstant; man hat also die Formel (13) anzuwenden.

8. Es kann Fälle geben, wo die Bestimmung K_1, K_2, K_3... schwer auszuführen wäre; dann können wir die Formeln (11) und (10) zu Hilfe nehmen, wie folgt:

$$p_1 = \frac{K_1(e^{\Theta U}-1)}{\Theta U e^{\Theta U}} + \left(K + \frac{mq}{V}\right)\left(1 - \frac{e^{\Theta U}-1}{\Theta U e^{\Theta U}}\right)$$

$$p_2 = \frac{K_2(e^{\Theta U}-1)}{\Theta U e^{\Theta U}} + \left(K + \frac{mq}{V}\right)\left(1 - \frac{e^{\Theta U}-1}{\Theta U e^{\Theta U}}\right)$$

$$p_3 = \frac{K_3(e^{\Theta U}-1)}{\Theta U e^{\Theta U}} + \left(K + \frac{mq}{V}\right)\left(1 - \frac{e^{\Theta U}-1}{\Theta U e^{\Theta U}}\right).$$

Subtrahirend,

$$p_1 - p_2 = \frac{(K_1 - K_2)(e^{\Theta U}-1)}{\Theta U e^{\Theta U}}, \quad p_2 - p_3 = \frac{(K_2 - K_3)(e^{\Theta U}-1)}{\Theta U e^{\Theta U}}.$$

Dividirend,

$$\frac{p_1 - p_2}{p_2 - p_3} = \frac{K_1 - K_2}{K_2 - K_3}.$$

Da aber $\frac{K_1 - K_2}{K_2 - K_3} = e^{\Theta U}$, so haben wir:

$$U = \frac{1}{\Theta} \log.\text{nat.} \frac{p_1 - p_2}{p_2 - p_3} \quad \ldots\ldots \quad (15)$$

9. Aus den Prämissen der entwickelten Formeln ist es klar, dass bei der Ventilationsgrösse (U) nicht von der gewöhnlichen, allgemeinen Luftventilation, sondern vielmehr von der speciellen CO_2-Ventilation die Rede ist; da ausserdem alles, was Temperatur, Druck, Reibung, Diffusion etc. anbetrifft, in den Formeln ausser Acht gelassen ist, so sind, scheint mir, folgende Schlussfolgerungen erlaubt:

Schlussfolgerungen.

1. Die zwei von Professor Pettenkofer vorgeschlagenen Methoden der Anthracometrie sind wesentlich von einander verschieden: a) Die erste Methode (mittels der Flasche) zeigt den augenblicklichen CO_2-Gehalt der untersuchten Luft an; das

dadurch erhaltene Resultat drückt sich in der Formel von E. Lenz: $K_2 = \frac{K_1}{e^{\Theta U}} + \left(K + \frac{mq}{V}\right)\left(1 - \frac{1}{e^{\Theta U}}\right)$ aus. b) Die zweite Methode (mittels des gebogenen Rohres) zeigt den mittleren CO_2-Gehalt der untersuchten Luft während der Beobachtungszeit; das dadurch erhaltene Resultat drückt sich in der Formel: $p = \frac{K_1(e^{\Theta U} - 1)}{\Theta U e^{\Theta U}} + \left(K + \frac{mq}{V}\right)\left(1 - \frac{e^{\Theta U} - 1}{\Theta U e^{\Theta U}}\right)$ aus[1]).

2. Es lassen sich, bei Untersuchungen der Ventilation der Wohnräume, beide anthracometrischen Methoden rationell anwenden; es müssen aber besondere (mechanische) Maassregeln für eine gleichmässige Luftmischung im Zimmerraume dabei getroffen werden.

3. Alle vorgeschlagenen Ventilationsformeln sind nur verschiedene Arten der Berechnung des veränderlichen Gehaltes irgend einer Mischung (z. B. Luft und CO_2); es sind also keine eigentlichen Ventilationsformeln im strengen Sinne des Wortes, da sie keine sich auf specielle Ventilationsbedingungen (Druck, Diffusion etc.) beziehende Werthe enthalten.

4. Die Formel (3) von E. Lenz ist eine genaue Formel, für den Fall bestimmt, wenn die CO_2 der CO_2-Quelle sich auf Rechnung der Kammerluft bildet. Die Formeln (4) Hagenbach's, Liebermeister's und Schürmann's sind mit der Formel Lenz's identisch.

5. Die Formel (q) Seidel's ist eine genaue Formel, für den Fall bestimmt, wenn die CO_2 der CO_2-Quelle von dem Sauerstoff der Kammerluft unabhängig ist.

---

1) Es ist hier der Fall gemeint, wenn die CO_2 der CO_2-Quelle von dem Sauerstoff der Kammerluft abhängig ist. Allgemein ausgedrückt soll es heissen: für die erste Methode: $K_2 = \frac{K_1 - \frac{L}{\beta}}{e^{\Theta U \beta}} + \frac{L}{\beta}$ und für die zweite Methode: $p = \frac{\left(K_1 - \frac{L}{\beta}\right)(e^{\Theta U \beta} - 1)}{\Theta U \beta\, e^{\Theta U \beta}} + \frac{L}{\beta}$.

6. Die Formeln (6) Seidel's und (5) Hagenbach's sind identisch; beide sind genaue Formeln, für den Fall bestimmt, wenn keine CO_2-Quelle im Raume ist.

7. Die Formeln Kohlrausch's, Donkin's, de Chaumont's und Morin's sind ungenau; sie schliessen einen Rechnungsfehler ein (bei Ventilationsuntersuchungen angewendet), da sie auf willkürliche Annahmen über den CO_2-Gehalt der austretenden Luft gegründet sind. Die Formeln Seidel's, Hagenbach's, Lenz's, Liebermeister's und Schürmann's, auf denselben willkürlichen Annahmen gegründet, sind dennoch genau, weil der daraus entstehende Rechnungsfehler verschwindet in Folge der Anwendung der Methode der unendlich kleinen Quadrate.

8. Die Formel (7) von Parke's ist eine genaue Formel, für den Fall bestimmt, wenn der CO_2-Gehalt der Zimmerluft, in Folge fortlaufender Ventilation, seine Gränze erreicht hat.

9. Die Formel Lenz's (8') ist eine genaue Formel, für den Fall bestimmt, wenn die Kammer nicht ventilirt ist.

10. Die Formel (10) ist eine genaue Formel, für den Fall bestimmt, wenn die CO_2 der CO_2-Quelle auf Rechnung des Sauerstoffs der Kammerluft sich bildet[1]). Sie lässt sich bei anthracometrischen Ventilationsuntersuchungen bewohnter Räume in folgenden Fällen anwenden: a) K und mq constant und bekannt; Ventilation constant, und b) K und mq unconstant, aber als Mittelwerthe für die Beobachtungszeit bekannt; Ventilation constant.

11. Die Formeln (10), (14) und (15) sind genaue Formeln; sie lassen sich bei anthracometrischen Ventilationsuntersuchungen sowohl bewohnter als unbewohnter Räume anwenden, wenn K und mq unbekannt aber constant sind; Ventilation constant.

---

1) Für den Fall, wenn die CO_2 der CO_2-Quelle von dem Sauerstoff der Kammerluft unabhängig ist, haben wir: $U = \dfrac{\frac{\Theta mq}{E}(1-p)-(K_2-K_1)}{\Theta(p-K)}$.

Für den Fall, wenn keine CO_2-Quelle im Raume vorhanden ist:

$$U = \frac{K_1 - K_2}{\Theta(p-K)}.$$

12. Die Formel (13) ist eine genaue Formel; sie lässt sich in allen Fällen anwenden, ja selbst wenn die CO_2 der CO_2-Quelle (mq), der CO_2-Gehalt der eintretenden Luft (K) und die Ventilation (V) unconstant und unbekannt sind, wobei die erhaltene Ventilationsgrösse die Bedeutung eines Mittelwerthes für die gewählte Beobachtungszeit hat.

13. Bei Ventilationsuntersuchungen ist es von Vortheil, die Untersuchung so anzustellen, dass man zwei Formeln zugleich anwenden kann, um die erhaltenen Resultate controliren zu können[1]).

14. Da die nach den Ventilationsformeln erhaltene Ventilationsgrösse eine specielle Ventilationsgrösse ist, so lassen sie sich entweder zur Berechnung anderer specieller Ventilationsgrössen (z. B. Wasserdampf, Staubstoffe) oder zu Untersuchungen über Desinfectionsgrössen einiger Luftdesinfectionsmittel (z. B. Cl etc.) anwenden.

Die Hauptfälle der Anwendung der Ventilationsformeln bei den anthracometrischen Ventilationsuntersuchungen zusammenfassend, bekommen wir folgende Tabelle:

	V	
	constant	unconstant
K u. mq constant und bekannt .	(3), (4), (5), (6), (7), (8′), (9), (10), (12), (15), (15)	(13)
constant und unbekannt	(10), (14), (15)	(13)
unconstant und als Mittelwerthe bekannt .	(12)	(13)
unconstant u. unbekannt	(13)	(13)

1) z. B. die Formeln (10), (13) und (14). Im Falle, wenn der Wasserdampf mit untersucht wird (Münchener Apparat), könnte man die dem Wasserdampfgehalte entsprechenden H_1, H_2, H_3 etc. bestimmen, wobei das Hygrometer von Regnault dem Zwecke entsprechen würde (das Psychrometer ist weniger geeignet, als eine neue Wasserdampfquelle). Was die gleichmässigere Luftmischung anbetrifft, so könne man vielleicht die Wirbelbewegungen der durch kleine Oeffnungen eintretenden Luft benutzen (Morin, Etudes sur la Ventilation T. I §. 49 und 50).

Es sei erlaubt, ein Beispiel der Berechnung folgen zu lassen: Ein Schlafraum einer Erziehungsanstalt mit 30 Betten, die von 10 Uhr Abends bis 6 Uhr Morgens besetzt sind; auf jedes Bett kommt 12^{cbm} Luftraum. Feuchtigkeit, Temperatur und Luftdruck sind constant; die von den schlafenden Kindern gebildete CO_2 bildet sich auf Rechnung des Sauerstoffs des Schlafraumes. Es wird gefragt:

1. Die Ventilationsöffnung ist zu. Wie ist der wachsende CO_2-Gehalt im Schlafraume während der Nachtstunden?

$$\text{Formel (8')}: K_2 = K_1 + \frac{\Theta m q}{E}.$$

Data der Berechnung: $m = 30$; $E = 360$; $q = 0{,}012$; $K = 0{,}00100$ (anthracometrisch bestimmt; erste Methode).

Der wachsende CO_2-Gehalt ist um 10 Uhr Abends = 0,00100
11 „ „ = 0,0020
. . . .
6 Uhr Morgens = 0,0090.

2. Die Ventilationsöffnung ist auf; ihr Querschnitt ist $= 0{,}01^{qm}$ und die Geschwindigkeit des Luftzuges $= 1{,}0^{m}$ in 1''. Wie gross ist der Gränzwerth des CO_2-Gehaltes im Schlafraume?

$$\text{Formel (7)}: L = K + \frac{mq}{V}.$$

Data der Berechnung: $K = 0{,}0004$; $\frac{mq}{V} = \frac{30 \,.\, 0{,}012}{36} = 0{,}0100.$

Der Gränzwerth des CO_2-Gehaltes ist $= 0{,}0104$.

3. Dieselben Bedingungen. Wie ist der CO_2-Gehalt im Schlafraume um 6 Uhr Morgens?

$$\text{Formel (3)}: K_2 = \frac{K_1}{e^{\Theta U}} + \left(K + \frac{mq}{V}\right)\left(1 - \frac{1}{e^{\Theta U}}\right) = L + \frac{K_1 - L}{e^{\Theta U}}.$$

Data der Berechnung: $L = 0{,}0104$ (siehe Beispiel 2); $K_1 = 0{,}0010$; $\Theta = 8$; $U = \frac{36{,}0}{360} = 0{,}1.$

Der CO_2-Gehalt um 6 Uhr Morgens ist gleich

$$0{,}0104 + (0{,}0010 - 0{,}0104)\, 0{,}44932 = 0{,}00617 \ldots$$

4. Dieselben Bedingungen. K und mq sind constant und bekannt; Ventilation constant. Wie ist die Ventilationsgrösse des Schlafraumes?

a) Formel (12): $$U = \frac{\frac{\Theta m q}{E} - (K_2 - K_1)}{\Theta (p - K)}.$$

Data der Berechnung: $\Theta = 8$; $E = 360$; $m = 30$; $q = 0{,}012$; $K_1 = 0{,}0010$; $K = 0{,}0004$; $K_2 = 0{,}0062$ (anthracometrisch bestimmt; erste Methode); $p = 0{,}0039$ (anthracometrisch bestimmt; zweite Methode[1]).

Die Ventilationsgrösse des Schlafraumes:

$$U = \frac{\frac{8 \,.\, 30 \,.\, 0{,}012}{360} - (0{,}0062 - 0{,}0010)}{8(0{,}0039 - 0{,}0004)} = 0{,}1.$$

b) Formel (10): $$U = \frac{1}{\Theta} \text{ log. nat. } \frac{K_1 - K_2}{K_2 - K_3}.$$

Data der Berechnung: $\Theta = 4$; $K_1 = 0{,}0010$; $K_2 = 0{,}0041$; $K_3 = 0{,}0062$.

Die Ventilationsgrösse des Schlafraumes:

$$U = \frac{1}{4} \text{ log. nat. } \frac{0{,}0041 - 0{,}0010}{0{,}0062 - 0{,}0041} = 0{,}0973 \ldots$$

5. Dieselben Bedingungen. K und mq sind constant, aber unbekannt; Ventilation constant. Wie ist die Ventilationsgrösse des Schlafraumes?

a) Formel (10): $U = \frac{1}{\Theta} \text{ log. nat. } \frac{K_1 - K_2}{K_2 - K_3} = 0{,}0973$ (s. Beisp. 4 a).

b) Formel (14): $$U = \frac{2K_2 - K_1 - K_3}{\Theta (p_2 - p_1)}.$$

---

1) Da keine p-Beobachtungen gegeben sind, so bestimmen wir p, p_1 und p_2 theoretisch:

$$p = L + \frac{K_1 - L}{\Theta U}\left(1 - \frac{1}{e^{\Theta U}}\right) = 0{,}0104 + \frac{(0{,}0010 - 0{,}0104)}{0{,}8}(1 - 0{,}44932) = 0{,}00393 \ldots$$

$$p_1 = 0{,}0104 + \frac{(0{,}0010 - 0{,}0104)}{4 \,.\, 0{,}1}\left(1 - \frac{1}{e^{0{,}4}}\right) = 0{,}00265 \ldots$$

$$p_2 = 0{,}0104 + \frac{(0{,}0041 - 0{,}0104)}{4 \,.\, 0{,}1}\left(1 - \frac{1}{e^{0{,}4}}\right) = 0{,}00521 \ldots$$

Data der Berechnung: $\Theta = 4$; $K_1 = 0{,}0010$; $K_3 = 0{,}0041$; $K_2 = 0{,}0062$; $p_1 = 0{,}0027$; $p_2 = 0{,}0052$.

Die Ventilationsgrösse: $U = \frac{2 \cdot 0{,}0041 - 0{,}0010 - 0{,}0062}{4(0{,}0052 - 0{,}0027)} = 0{,}1.$

6) Dieselben Bedingungen. *K* und *mq* sind unconstant, aber als Mittelwerthe bekannt; Ventilation constant. Wie gross ist die Ventilationsgrösse des Schlafraumes?

$$\text{Formel (12): } U = \frac{\frac{\Theta m}{E} \frac{\Sigma q}{n} - (K_2 - K_1)}{\Theta\left(p - \frac{\Sigma h}{n}\right)}$$

Data der Berechnung: $\Theta = 8$; $m = 30$; $\frac{\Sigma q}{n} = 0{,}012$; $K_2 = 0{,}0062$; $K_1 = 0{,}0010$; $p = 0{,}0039$; $\frac{\Sigma h}{n} = 0{,}0004$ (anthracometrisch; zweite Methode, wie es z. B. im Münchener Respirationsapparate der Fall war).

Die Ventilationsgrösse: $U = 0{,}1$ (s. Beisp. 4 a).

7) Dieselben Bedingungen. Die eintretende Luft tritt von verschiedenen Seiten, mit verschiedenen, unbekannten aber constanten Volumenwerthen und verschiedenen unbekannten aber constanten CO_2-Gehalten ein; Ventilation constant. Wie ist die Ventilationsgrösse des Schlafraumes?

a) Formel (10): $U = 0{,}0973 \ldots$ (s. Beisp. 4 a).

b) Formel (14): $U = 0{,}1 \ldots$ (s. Beisp. 5 b).

8) Dieselben Bedingungen. *K* und *mq* sind unconstant und unbekannt; Ventilation unconstant. Wie ist die Ventilationsgrösse des Schlafraumes?

$$\text{Formel (13): } \frac{\Sigma U}{n} = \frac{1}{\Theta} (\text{log. nat. } g_1 - \text{log. nat. } g_2).$$

Data der Berechnung (ein constantes Gas einführend): $\Theta = 8$; $g_1 = 0{,}0040$; $g_2 = 0{,}0018$. Mittelventilationsgrösse während der Nachtstunden ist:

$$\frac{\Sigma U}{n} = \frac{1}{8} (0{,}60206 - 0{,}25527)\ 2{,}30258 \ldots = 0{,}0998 \ldots$$

Es muss also die Ventilation des Schlafraumes vermehrt werden etc.

Anmerkung. Durch Anwendung zweier Formeln, z. B. (12) und (14), könnte man approximativ den Werth q erhalten, indem

$$q = \frac{8 \,.\, 0{,}1 \,.\, 360\,(0{,}0039 - 0{,}0004) + 360\,(0{,}0062 - 0{,}0010)}{8 \,.\, 30}$$

$$= 0{,}012^{\mathrm{cbm}} \text{ in 1 Stunde.}$$

Es lassen sich also mittels der früher erwähnten Ventilationsformeln systematische Ventilationsuntersuchungen verschiedener Räume ausführen, z. B. der Krankenräume, Gefängnisse, Fabriken etc. und, was vielleicht von besonderem, praktischem Werthe sein würde, der Kriegs-, Transport- und Handelsschiffe.

Nachtrag zur Bestimmung der Kohlensäure in der Luft.[1])

Von

Dr. W. Hesse,

kgl. Bezirksarzt in Schwarzenberg (Sachsen).

Die von mir in München angestellten Versuche bezogen sich, abgesehen von einigen Grundluftuntersuchungen, auf einen Kohlensäuregehalt von höchstens 3 p. M.

In meine Heimat zurückgekehrt, habe ich bis zu dieser Grenze mein Verfahren durch zahlreiche Versuche controlirt und dessen Vortheile jederzeit bestätigt gefunden, ebenso meine Angaben, dass man bei sorgfältiger Operation sehr kleine Volumina auch bei den niedrigsten vorkommenden Kohlensäuregehalten benutzen darf, und hat die Praxis entschieden, dass halbe bis Viertelliter durchaus genügen, selbst wenn es sich um genaue Resultate handelt, wie sie zum Beispiel zur Berechnung des Ventilationseffects verlangt werden; immer wird der Vergleich zwischen zwei oder drei verschieden grossen Volumina den Beweis liefern, ob man richtig operirt hat, in welchem Falle die Resultate ja genau übereinstimmen müssen.

In einer grossen Anzahl insbesondere in Schulen, oft unter Controle durch von Pettenkofer's Methode angestellter Untersuchungen bin ich jedoch hier wesentlich höheren Kohlensäuregehalten begegnet, und halte ich es für nothwendig, über meine diesbezüglichen Erfahrungen, soweit sie die Technik betreffen, Mittheilungen zu machen, da gerade derartige hohe Kohlensäuregehalte eine Modification des bereits beschriebenen Verfahrens verlangen, welche dasselbe ausserdem für alle Fälle und unter allen Umständen anwendbar macht; zugleich hoffe ich, Anderen, die mein Verfahren prüfen, unnütze Arbeit und Enttäuschung zu ersparen.

---

1) Diese Zeitschrift 1877, Bd. XIII S. 395.

Für solche hohe Kohlensäuregehalte muss es als Grundsatz gelten, dass man, falls man mit dem von mir früher beschriebenen Verfahren annähernd sicher operiren will, nur ein sehr verdünntes Barytwasser (in dem Kohlensäuregehalte entsprechenden Mengen) und nicht zu kleine Flaschen anwendet, dass man sich einer schnell auslaufenden Pipette bedient und das Barytwasser möglichst tief auf den Boden der Flasche giebt.

Ich darf in Kürze sagen, dass, je concentrirter das Barytwasser und je kleiner das Volum, in kohlensäurereicher Luft ein um so grösserer Fehler dadurch entsteht, dass Kohlensäure aus der ausserhalb der Flasche befindlichen Luft während der Barytwasserzugabe durch das Barytwasser in die Flasche hineingerissen wird.

Der Einfluss starken Barytwassers ist so gross, dass ich selbst bei Anwendung grosser Volumina (4 bis 6 Liter) unter Umständen sehr erhebliche Fehler erhalten habe.

Da es jedoch wünschenswerth sein musste, sich von diesem Fehler vollständig unabhängig zu machen und auch bei grösseren Kohlensäuregehalten mit demselben handlichen Apparate schnell und genau arbeiten zu können, habe ich neuerdings folgende Modification eintreten lassen:

Die Flasche wird im betreffenden Raume mit Luft gefüllt, hierauf durch eine mit einem kleinen Schlitz (zur Aufnahme der Pipettenspitze) versehenen Gummikappe[1]) verschlossen, über welche eine zweite unversehrte gelangt.

Jetzt wird die Flasche in eine womöglich etwas kühlere kohlensäurearme Luft gebracht, die obere Kappe entfernt, durch den Schlitz der Pipette das Barytwasser in die Flasche gegeben, indem man die verdrängte Luft durch eine neben eingestochene Hohlnadel (Kanüle einer Injectionsspritze) entweichen lässt, und im Uebrigen die Operation an demselben Orte in der früher angegebenen Weise vollendet.

So erhält man die sichersten Resultate; man entgeht jeglicher nennenswerthen unerwünschten Kohlensäureaufnahme, sei es gelegentlich des Ansaugens des Barytwassers aus der Barytwasser-

1) Eine solche Kappe lässt sich wiederholt verwenden.

flasche, sei es gelegentlich der Barytwasserzugabe in den Kolben, sei es gelegentlich der schliesslichen Titrirung, und man darf ein Barytwasser von beliebiger Concentration und beliebige Volumina anwenden.

Der einzige, wie jedoch eine einfache Berechnung beweist, geringe Fehler entsteht dadurch, dass eine geringere Menge Luft aus der Flasche entweicht, als Barytwasser zugegeben wird, und dass die Kohlensäure jener Quantität Luft grösstentheils mit absorbirt und titrirt wird.

Um auch diese Ungenauigkeit vollständig auszuschliessen, ziehe ich es vor, erst die Pipette so weit auslaufen zu lassen, als es der in der Flasche vorhandene Druck gestattet, nun das Barytwasser etwas in der Flasche herumzuspülen, und dann erst die Hohlnadel einzustechen.

Bei dieser Manipulation wird nahezu sämmtliche Kohlensäure der noch entweichenden Luft absorbirt, und es bedarf dann eines Abzugs vom Volum der Flasche nicht.

Man kann auch so verfahren, dass man überhaupt keine Hohlnadel einsticht, sondern die für Barytwasser entweichende Menge Luft durch die Pipette selbst gehen und da ihre Kohlensäure abgeben lässt; in diesem Falle darf natürlich vom Volum der Flasche ebenfalls kein Abzug stattfinden; dieses Verfahren ist nur wegen der Langsamkeit der vollständigen Entleerung der Pipette etwas zeitraubender.

Kommt es auf diese grosse Genauigkeit nicht an und wünscht man bei hohen Kohlensäuregehalten nur ein für die gewöhnliche Praxis hinreichend genaues Resultat und will man die ganze Operation im selben Raume sofort vollenden, so empfiehlt sich das folgende von mir jetzt in Schulen und Bergwerken geübte Verfahren:

Ich verwende für diesen Zweck eine Oxalsäurelösung, welche $\frac{2,8636}{5} = 0,5727$ Oxalsäure im Liter enthält (von einer solchen Oxalsäurelösung entsprechen $10^{ccm} = 2^{mg}$ [$= 1^{ccm}$] Kohlensäure), ferner ein Barytwasser, von dem $10^{ccm} = 20$ bis 25 dieser Oxalsäurelösung neutralisiren, und Volumina, die sich um ½ Liter bewegen.

Je nachdem ich Kohlensäuregehalte von 4 bis 5 p. M. oder mehr erwarte (was man leicht durch Erfahrung ungefähr schätzen lernt), setze ich 10 oder 20^{ccm} Barytwasser zu. Die Pipette wird vor dem Ansaugen des Barytwassers durch einen doppelt durchbohrten Gummipfropf gesteckt, der auf den Kolben passt, und vor Eingabe ihres Inhalts in die Untersuchungsflasche auf letztere aufgesetzt (der Ausfluss der Pipette kann durch einen auf die zweite Oeffnung des Pfropfs gesetzten Finger regulirt, beziehentlich die Communication der Flaschen- und Aussenluft wirksam beschränkt werden); nach der Entfernung der Pipette wird die Flasche schnell geschlossen.

Man vermeidet durch das relativ verdünnte Barytwasser und die Beschränkung der Berührung zwischen Flaschen- und Aussenluft grössere Fehler, erhält aber, wie gesagt, leicht etwas zu hohe Zahlen.

Schliesslich gestatte ich mir, noch einige praktische Bemerkungen zuzufügen.

Es empfiehlt sich, starkwandige Gläser[1]) von der früher beschriebenen Beschaffenheit oder conische (Erlenmeyer'sche) Kolben anzuwenden, in welch letzteren es sich vorzugsweise angenehm titrirt.

Bei Untersuchungen in kohlensäurearmer Luft unter Anwendung kleiner Volumina kann es von Wichtigkeit sein, den Titer des Barytwassers möglichst genau zu bestimmen; ich stelle zu diesem Zweck denselben erst auf dem gewöhnlichen Wege fest und schliesse daran eine zweite Bestimmung derart, dass ich erst eine jene gefundene annähernd erreichende Quantität Oxalsäurelösung in einen kleinen Kolben gebe, hierauf das Barytwasser zusetze und jetzt tropfenweise wieder Oxalsäurelösung zufüge, bis die Entfärbung eintritt: man kann sich leicht überzeugen, dass man auf dem letzteren Wege gewöhnlich einen etwas höheren Titer erhält.

Dies Verfahren empfiehlt sich ausserdem vorzugsweise zur Bestimmung des Titers auch in einer kohlensäurereicheren Atmosphäre.

Eine weitere Vereinfachung des Verfahrens erblicke ich darin, dass es gestattet ist, die Rosolsäure dem verdünnten Barytwasser

---

1) Die meinigen sind reichlich 2^{mm} stark.

(das ich bei ambulanten Untersuchungen in der Quantität von etwa ¼ oder ½ Liter mit mir führe) von vornherein zuzusetzen; die Farbe hält sich ohne wesentliche Veränderung des nach dem Rosolsäurezusatz gefundenen Titers 1—2 Tage und noch länger; die Leichtigkeit und Sicherheit der Titerstellung gestattet übrigens eine fortwährende Controle.

Die Haltbarkeit der Oxalsäurelösung scheint durch Zugabe eines Stückes Kampfer (nach einem Vorschlage Dr. Gerber's) wesentlich zu gewinnen.

Erwähnen möchte ich noch, dass man einen Versuch nicht als gelungen betrachten darf, wenn man nicht mindestens 3—4 ccm Oxalsäurelösung dem zu titrirenden Barytwasser zugegeben hat, ohne dass Entfärbung eintritt, da sich im Falle, dass das zugefügte Barytwasser zur Absorption der vorhandenen Kohlensäure nicht genügte, das Barytwasser durchaus nicht so bald mit Kohlensäure sättigt, also recht wohl ein paar Cubikcentimeter Oxalsäurelösung zugefügt werden können, ehe die Reaction auftritt, die sonst beim ersten Tropfen hätte eintreten müssen.

Zur quantitativen Spectralanalyse.

Von

K. Vierordt.

Als ich an dem Spectralapparat in dem Jahre 1871 und 1873 diejenigen Veränderungen anbrachte, welche denselben aus dem Bereich der bloss qualitativen Untersuchungen hinausführen und zur Messung der Lichtstärke der einzelnen Spectralbezirke, ganz vorzugsweise aber zur Photometrie der Absorptionsspectren und der dadurch ermöglichten quantitativen Bestimmung farbiger Körper befähigen sollten, war ich vor allem bedacht, die denkbar einfachsten, weil immer besten, Hilfsmittel für die vorliegenden Aufgaben in Anwendung zu bringen. Wenn es sich um die Photometrie irgend einer Stelle eines Absorptionsspectrums handelt, so wird wohl kaum eine einfacher und mit tadelloserer Exactheit herstellbare, für den Experimentator bequemere und auch dem wenig Geübten zugänglichere Vorrichtung denkbar sein, als die von mir empfohlene Theilung der beweglichen Platte des Eintrittspaltes für das Licht in zwei Platten, die jede für sich durch eine besondere Mikrometerschraube bewegt werden. Der Eintrittspalt wird dadurch in eine obere und untere Hälfte getheilt, denen zwei unmittelbar über einander liegende, Spectren entsprechen. Diese Spectren sind gleich lichtstark, wenn beide Spalthälften die gleiche Breite haben. Wird vor die eine Spalthälfte ein lichtabsorbirender Körper gebracht, während durch die andere Spalthälfte die Lichtquelle ungehindert dringt, so muss das hellere, reine Spectrum der Lichtquelle verdunkelt werden, bis es dieselbe Lichtstärke zeigt, wie das Absorptionsspectrum. Diese Verdunklung geschieht durch Verschmälerung der betreffenden Hälfte des Eintrittspaltes; die

übrigbleibende Lichtstärke (einer bestimmten Stelle) des Absorptionsspectrums wird somit schnell und sicher durch die an der Schraubentrommel ablesbare Breite des verschmälerten Eintrittspaltes gemessen.

Dass die Lichtstärke einer bestimmten Spectralregion der Breite des Eintrittspaltes (innerhalb der von mir angewandten mässigen Breitedifferenzen) proportional sei, durfte ich — ganz abgesehen, dass diese Behauptung bekanntlich unbeanstandet war — aus folgenden Gründen annehmen:

1) Wenn ich die ursprüngliche Weite beider Spalthälften mässig abändere (gewöhnlich untersuche ich bei $^1/_5{}^{mm}$ Breite des Eintrittspaltes), so werden dadurch die Resultate der Absorptionsmessungen in keiner merklichen Weise influirt.

2) Wenn ich die vom Licht durchstrahlte Schicht der absorbirenden Substanz oder die Concentration der gefärbten Lösung abändere, so entspricht die nunmehrige Absorption dem Absorptionsgesetz.

Dazu kommt noch, wie sich nachträglich herausgestellt hat, 3) die werthvolle Erfahrung, dass die Benutzung von Spectralapparaten, die ein viel breiteres Spectrum, als das bei meinem Instrument der Fall ist, ergeben, zu genau denselben Resultaten geführt hat, wie ich sie gefunden habe; z. B. C. H. Wolff[1]), der mit einem Rutherford'schen Prisma arbeitete, welches ein beinahe doppelt so langes Spectrum ergab, als das von mir benutzte Flintglasprisma, erhielt für $D\,11\,E$ bis $D\,50\,E$ des Spectrums der Chromalaunlösung ein „Absorptionsverhältniss" von 0,04560, während ich ein solches von 0,04553 gefunden hatte.

Handelt es sich um starke Absorptionen, so verwende ich zunächst ein oder mehrere Rauchgläser, um das hellere Spectrum dem dunkleren ähnlicher zu machen; die völlige Gleichsetzung beider Spectren wird dann durch eine nachträgliche mässige Verschmälerung der einen Hälfte des Eintrittspaltes hergestellt[2]).

1) Fresenius, Zeitschr. f. anal. Chem. XVII S. 65.

2) Die Anwendung der Rauchgläser hält H. C. Vogel insofern für unbequem, weil die lichtschwächende Kraft jedes einzelnen Glases (deren man etwa

Zur chemischen Analyse sind übrigens die Rauchgläser entbehrlich, da ich die zu analysirende Flüssigkeit durch einen beliebigen (natürlich genau abgemessenen) Zusatz des farblosen Menstruums derartig verdünne, dass die Lichtabsorption nur eine mässige ist.

Da durch die zunehmende Verschmälerung des Eintrittspaltes das Spectrum zunehmend reiner wird und gesättigtere Farbentöne annimmt, so muss bei meiner Methode der Farbenton der jeweils mit einander zu vergleichenden resp. gleich lichtstark zu machenden Spectren gewisse Verschiedenheiten bieten. Mein Apparat bringt also in der That keineswegs ausschliesslich Farbe von absolut gleichen Wellenlängen zur Vergleichung, wie neuerdings von einigen Seiten[1]), freilich nur in ganz allgemeiner Weise und ohne jede nähere Angabe der Grösse des dadurch etwa begangenen Fehlers, hervorgehoben worden ist.

Glan hat (sieben Jahre nach Publication meiner ersten Arbeit über Spectralphotometrie, in Poggend. Annal. 1870 Bd. 140) unlängst ein Spectrophotometer beschrieben, in welchem in beiden Spectren jeweils nur Farben von genau gleichen Wellenlängen zur Vergleichung gebracht werden. Darin liegt — theoretisch genommen — ein Vorzug von dem von mir angewandten Apparat, der jedoch, gegenüber dem Glan'schen, ganz abgesehen von der viel grösseren Einfachheit, und der erheblich grösseren Lichtstärke wieder den Vortheil bietet, dass das besonders werthvolle, durch das Centrum des Einfallsrohrs dringende Licht nicht, wie bei Glan's Instrument, ausgeschlossen bleibt. H. C. Vogel hat unlängst den Glan'schen Apparat zu astrophotometrischen Zwecken verwendet.

Jedes Photometer hat vor allem — und das ist die oberste an dasselbe zu stellende Anforderung — die möglichste Genauigkeit in der Einstellung d. h. der Gleichmachung beider Lichter zu gewähren. H. C. Vogel erhielt an dem Glan'schen Apparat, indem

---

5 nöthig hat) für jeden einzelnen Spectralbezirk vorher, ein- für allemal, bestimmt werden muss. Derartige Messungen sind aber sehr leicht ausführbar.

1) H. W. Vogel, Praktische Spectralanalyse. Nördlingen 1877. S. 244. — H. C. Vogel, Spectralphotometrische Untersuchungen. Berliner akad. Monatsberichte. März 1877. — Glan, Annalen der Physik. 1877. Nr. 7. — Hüfner, Journ. f. prakt. Chemie Bd. XVI S. 299. 1877.

er die Spectren von zwei an sich gleichen Lichtern gleich lichtstark zu machen suchte, einen mittleren Fehler einer Ablesung von 2,8 %, im äussersten Roth und Violett sogar 5 %. Bei G. Müller schwankte (nach Vogel's Angabe) der Fehler zwischen 1,2 und 2,8 %; an meinem Apparat erhielt Letzterer aber „eine ungleich grössere Genauigkeit", nämlich im Grün 0,61 %, im Blau 0,75 %. Wie gering der Einstellungsfehler bei meinem Doppelspalt ist, habe ich in meinen beiden Monographien über quantitative Spectralanalyse erschöpfend nachgewiesen.

Ausserdem geht aus den von mir und Anderen ausgeführten Messungen hervor, dass die Lichtstärke des Spectrums der Weite des Eintrittspaltes — innerhalb der mässigen Gränzen, in welchen die Spaltweite zu photometrischen Zwecken variirt werden muss — derartig entspricht, dass die kleinen Abweichungen von der Proportionalität kaum in Betracht kommen können.

Immerhin wäre es aber möglich, dass den Messungen mit meinem Apparat ein (in jedem Einzelbezirk) constanter Fehler anhaften würde, dessen Betrag unter den gegebenen Versuchsbedingungen nicht ermittelt werden könnte. Niemand wird es versuchen wollen, aus den Formeln, welche über den von der Spaltbreite abhängigen Grad der Reinheit (und Lichtstärke) des Spectrums aufgestellt worden sind, die Grösse des meinem Versuchsverfahren zu Grunde liegenden Fehlers auch nur annähernd berechnen zu wollen. Dazu fehlen die nothwendigsten empirischen Voraussetzungen, namentlich eine minutiöse Kenntniss der Lichtstärke der einzelnen Spectralbezirke vor allem des (zur chemischen Analyse in erster Linie zu verwendenden) Petroleumflammenspectrums.

Die Frage kann somit nur durch das Experiment an einem in dazu geeigneter Weise modificirten Spectralapparat zur sicheren Entscheidung gebracht werden.

Durch den hiesigen Mechaniker Albrecht liess ich einen Eintrittspalt verfertigen, der auf jeder Seite von je zwei beweglichen Platten begränzt ist. Jede dieser vier Platten wird durch eine besondere, mit graduirter Trommel versehene, Mikrometerschraube bewegt. Bei unmittelbarer Berührung beider Plattenpaare befindet sich die Spaltlinie im verticalen grössten Durchmesser des Einfalls-

rohres. Die Einstellungen des linken[1]) Plattenpaares sollen im Folgenden durch das Vorzeichen —, die des rechten Plattenpaares durch + ausgedrückt werden; z. B. + 100 entspricht einer ganzen Umdrehung der rechtseitigen, — 50 einer halben Umdrehung der linkseitigen Schraube[2]).

Einfluss der Verschmälerung des Eintrittspaltes auf Farbenton und Helligkeit.

Stellt man die eine Hälfte des Eintrittspaltes auf 0 bis + 100, die andere auf 0 bis — 100 ein (das erstere Spectrum soll als +, das zweite als — bezeichnet werden), so sind beide Spalthälften genau um ihre Breite (in meinem Fall um $^1/_5$ mm) gegenseitig verschoben. Dann ist das — Spectrum ein wenig nach rechts, das + Spectrum nach links verschoben; beide Spectren sind gleich lichtstark, aber auf jede unendlich schmale, vertical durch beide Spectren gezogene Linie fällt in beiden Spectren jeweils Licht von etwas verschiedener (durchschnittlicher) Wellenlänge. Bringt man, wie es bei der Photometrie der Fall ist, einen bestimmten Spectralbezirk von mässiger Breite (durch meine Abblendungsvorrichtung im Ocular) zur Beobachtung, so hat man im + Spectrum jeweils einen Spectralbezirk von (zusammengenommen) ein wenig grösserer Brechbarkeit als in dem zur Beobachtung vorliegenden Bezirk des — Spectrums. Das Spectrum der Petroleumflamme zeigt dann folgende Erscheinungen: In *A* bis *a* und darüber ist das — Spectrum dunkelroth, die im Sehfeld damit zusammenfallende Partie des + Spectrums aber hellroth. Beide Spectren zeigen überhaupt in

1) „Links“ vom Beobachtungsfernrohr aus gesehen.

2) Die Platten dürfen natürlich nicht über ihren Nullpunkt hinaus in die Region des entgegenstehenden Plattenpaares verschoben werden, am allerwenigsten aber, wenn die entgegenstehenden Platten selbst auf ihren Nullpunkt eingestellt sind. Um solche Aberrationen ganz sicher zu vermeiden, ist an den Handgriff jeder Mikrometerschraube ein längerer, senkrecht herabhängender Faden befestigt, dessen unteres Ende ein kleines Gewicht trägt. Von der Grundplatte, auf welcher die beweglichen Platten verschoben werden, geht rechts und links ein Messingstab senkrecht nach abwärts, auf welchem 5 Marken angebracht sind, die den Stellungen 0, 1, 2, 3 und 4 ganze Schraubenumdrehungen entsprechen. Man kann somit immer controliren, innerhalb welcher Schraubendrehung die einzelnen Platten sich befinden. Ich kann diese Vorrichtung für jedweden sonstigen Spectralapparat als sehr bequem empfehlen.

dieser Region die grössten Unterschiede der Lichtstärke. Dieser Unterschied nimmt gegen *D* hin immer mehr ab und ist schon von *C* an nur durch genaue Messungen nachzuweisen. Störende Differenzen der Farbentöne kommen aber weder im Roth, noch in den zwei ersten Dritteln des Orange vor. In *C*65*D* — *D* ist das — Spectrum orange, das + mehr gelb und die beiderseitige Lichtstärke nicht gut mit einander vergleichbar. Von *D* bis *D*11*E* ist das — Spectrum gelb und heller als das mehr grünliche + Spectrum. In *D*11*E* — *D*53E ist das — Spectrum gelbgrün und heller, das + grün. Von der Mitte zwischen *D* und *E*, bis über *G* hinaus (die violette, lichtschwache Region wurde nicht untersucht) kommen keine auffallenderen Unterschiede der Farbentöne vor; das + Spectrum ist in dieser ganzen Region etwas dunkler als das — Spectrum.

Demnach ist das + Spectrum zwischen *A* bis fast *D* heller, wobei die Helligkeitsdifferenzen in der Richtung gegen *D* immer mehr abnehmen, während umgekehrt von *D* an gegen *H* das — Spectrum das hellere ist. Die eben erörterten extremen Versuchsbedingungen, welche trotzdem nur im Gelb störende Unterschiede der Farbentöne ergeben, kommen bei der Spectrophotometrie nicht vor. Wird die auf 0 bis + 100 eingestellte Spalthälfte nach links von 0 bis — 100 erweitert, während die andere Spalthälfte, wie in obigen Versuchen, bloss auf 0 bis — 100 eingestellt ist, so entsteht im letzteren Fall eine Minderung des Lichtes auf die Hälfte. So grosse Spaltweiten (2 Trommelumdrehungen) kommen aber wiederum bei der Spectralphotometrie nicht oder nur ausnahmsweise vor. Unter diesen Umständen verschwindet übrigens selbstverständlich die bei der vorigen Versuchsanordnung störende Differenz der Farbentöne im Gelb. Noch günstiger sind die Bedingungen, wenn man (wie in der spectrophotometrischen Praxis) der oberen Spalthälfte die Breite 100° (und zwar — 20 bis 0 und 0 bis + 80) giebt, während die untere Hälfte des Spaltes auf 0 bis — 20° eingestellt ist. Man hat also eine grosse Differenz der Lichtstärken. Vor die obere Spalthälfte brachte ich zwei Rauchgläser, die durchschnittlich zusammen 16% Licht durchliessen. Die unter diesen Umständen zur Vergleichung kommenden Einzelbezirke beider Spectren zeigen keine auch nur im geringsten störenden Unterschiede der Farbentöne.

Die völlige Gleichheit der Lichtstärke lässt sich durch weitere Veränderungen der vom Anfang an schon verschmälerten Spalthälfte herstellen, und zwar mit derselben Genauigkeit wie bei der einfachen Gleichstellung beider durch keinen absorbirenden Körper verlegten Spalthälften. Immer ist es bei den Absorptionsmessungen in jedem Einzelbezirk eine ganz bestimmte Verschmälerung der das reine Spectrum der Lichtquelle projicirenden Spalthälfte, welche, mit nur sehr geringen Abweichungen, sich bei jeder Einzelmessung wiederholt.

Im ganzen Bereich des Roth und Orange, sowie im Grün, Blau und Violett stören bei den Absorptionsmessungen die sehr wenig differenten Farbentöne gar nicht, wie eben die übereinstimmenden Einzelmessungen sicher darthun. Nur in dem schmalen Bereich des Gelb zeigen die Töne bei sehr starker Differenz der Spaltbreite einen grösseren Unterschied, der aber dem Geübten keine Schwierigkeit bereitet, wie wiederum die Uebereinstimmung der Einzelmessungen darthut. Verschmälerungen der Spaltbreite bis mehr als auf höchstens $^1/_6$ kommen aber bei der Photometrie nicht vor; indem in solchen Fällen, wie erwähnt, die Rauchgläser zur hauptsächlichen Lichtverminderung gebraucht werden.

Der Einwand, dass mein Doppelspalt bei den photometrischen Messungen keine Farben von genau gleichen Tönen zur Vergleichung bringe, ist somit ohne alle und jede praktische Bedeutung.

Experimentelle Bestimmung der Fehlergrösse der Lichtstärkemessungen mittelst der Verengung der einen Hälfte des Eintrittspaltes.

Die vier beweglichen Platten des Eintrittspaltes gestatten die erforderlichen Versuchsanordnungen, um die Fehlergrösse der mit meinem bisherigen Spectrophotometer gemachten Lichtstärkebestimmungen genau zu bestimmen, beziehungsweise, durch eine passende Abänderung am Eintrittspalt, den an sich ohne sehr kleinen Fehler zum Verschwinden zu bringen.

Die Lichtstärkeveränderungen wurden bei meiner bisherigen Methode durch Verschmälerung der einen Spalthälfte ausschliesslich an ihrem rechten Rand zu Stand gebracht; benutzt man zur Spaltveränderung nur den linken Spaltrand, so wird ein dem

vorigen entgegengesetzter Fehler eingeführt. Ich werde später zeigen, dass beide, mit verschiedenen Vorzeichen versehene Fehler gleich gross sind. Man kann aber auch den Versuch so stellen, dass der Fehler gar nicht zum Vorschein kommen kann, so dass die Ablesung unmittelbar am Apparat der geringen Correctur nicht bedarf, die sonst nöthig wäre. Aus dem Gesagten ergaben sich die drei sich controlirenden Versuchsanordnungen I, II und III. In jeder der letzteren könnten die Versuchsbedingungen wiederum auf das Mannigfaltigste variirt werden; ich wählte zur Prüfung als Beispiel einen lichtschwächenden Körper von constanter Beschaffenheit, ein Rauchglas.

Die urspüngliche Breite beider Spalthälften ist (wie bei der Spectrophotometrie überhaupt) immer gleich = 100 (1 Trommelumdrehung = $^1/_5$ mm); die eine Spalthälfte wird mit dem Rauchglas verdeckt; man hat also dem Spectrum der reinen Lichtquelle durch Verschmälerung des betreffenden Eintrittspaltes dieselbe Lichtstärke zu geben wie dem Absorptionsspectrum des Rauchglases.

I. Anwendung meiner bisherigen Methode: also linke Platten auf 0 gestellt, bei der rechten auf + 100. Die Gleichsetzung des reinen Spectrums der Lichtquelle mit dem Absorptionsspectrum geschieht durch Verschmälerung ausschliesslich am rechten Spaltrand. (Reihe *a* der Tabelle S. 45 enthält die bezüglichen Lichtstärkebestimmungen in verschiedenen Bezirken des Spectrums des Rauchglases.)

II. Bei dem gegentheiligen Verfahren werden beide rechten Platten auf 0 gestellt, beide linken auf — 100. Die Gleichstellung geschieht mittels Bewegung der einen linken Platte. (S. Reihe *b* der Tabelle.)

Diese beide Verfahren würden an sich schon hinreichen, um die Fehlergrösse kennen zu lernen; als weitere Controle dient III. die Aenderung, dass die vom Rauchglas verdeckte Spalthälfte auf 0 bis — 50 und 0 bis + 50 eingestellt wird. Man nimmt das Mittel (m) aus den Absorptionsmessungen I und II, stellt die linke Platte der freien Spalthälfte auf $\frac{m}{2}$ ein und bringt die völlige Gleichheit beider Spectren durch Einstellung (n) der rechten Platte zu Stand.

Somit ist die wahre Lichtstärke $= \frac{m}{2} + n$. Letzterer Werth (s. Reihe *c*) weicht aber in nicht merklicher Weise von dem (in Reihe *d* der Tabelle angegebenen) Mittelwerth des Verfahren I und II ab; daraus folgt, dass dieser (oder auch der durch Methode III gewonnene) den richtigen Absorptionswerth darstellt.

Die Zahlen der Reihen *a*, *b* und *c* der Tabelle sind die Mittel aus je mindestens 10 Einzelmessungen, deren Wiedergabe ich schon der Kürze wegen und auch deshalb unterlassen kann, als ich in meinen früheren Schriften von den immer nur sehr wenig von einander abweichenden Einzelmessungen häufig Beispiele gegeben habe.

Die *a*- und *b*-Werthe der Tabelle weichen (den rothen Bezirk ausgenommen) immer nur sehr wenig von einander ab. In der Region *A* bis $C^2/_3 D$ ergeben die *a*-Werthe eine etwas geringere Lichtabsorption als die *b*-Werthe, so zwar, dass der Unterschied gegen *A* hin zunimmt und zwischen *A* und $B^3/_4 C$ nicht vernachlässigt werden darf. In dem Uebergangsbezirk *C* 71 *D* bis *D* ist kein Unterschied mehr nachweisbar. Von *D* an, in der Richtung gegen *H*, zeigen dagegen die *a*-Werthe eine ein wenig geringere Lichtabsorption als die *b*-Werthe. Die in Reihe *d* berechneten Mittel der *a*- und *b*-Versuche weichen sehr wenig von den direct gefundenen *c*-Werthen ab. Nur eine aus sehr zahlreichen Einzelmessungen bestehende Versuchsreihe, die jeweils mindestens bis auf $^1/_{200}$ richtige Endmittel ergeben würde, könnte vielleicht darüber entscheiden, ob zwischen den *c*- und *d*-Werthen ein minimaler Unterschied wirklich besteht. Bei der Berechnung der Fehler gehe ich (in Reihe *e* und den folgenden) von den *d*-Werthen aus.

Im Interesse der quantitativen chemischen Spectralanalyse ist in Reihe *f* der Tabelle der Einfluss des Fehlers auf die Grösse des (dem Gehalt der Lösungen proportionalen) Exstinctionscoëfficienten angegeben und zwar für die *a*-Werthe, welche nach meiner bisherigen Messungsmethode gewonnen sind. Reihe *f* giebt den absoluten Fehler des Exstinctionscoëfficienten für die vorliegenden, über die absorbirende Kraft des Rauchglases angestellten Versuche. Die Exstinctionscoëfficienten der *a*-Werthe habe ich weggelassen; sie können in der in meiner ersten Monographie über Spectral-

analyse enthaltenen Tabelle der Exstinctionscoëfficienten nachgeschlagen werden. Da, wie schon aus der Vergleichung der *a*-, *b*-, *c*- und *d*-Werthe der Tabelle und anderen später zu erörternden Gründen hervorgeht, der *f*-Fehler der Weite des Eintrittspaltes proportional ist, so kann, zur besseren Vergleichung der Fehler in den verschiedenen Spectralregionen, in Reihe *g* der relative Fehler des Exstinctionscoëfficienten für $^1/_{100}$ Differenz beider Spaltweiten aufgestellt werden (d. h. Einstellung 100° der einen, 99° der anderen Spalthälfte[1]).

Demnach wird der Messungsfehler der *a*-Werthe gefunden, wenn man die Grade, um welche die Trommel gedreht werden muss, um das hellere Spectrum dem Absorptionsspectrum gleich zu machen, mit dem betreffenden *g*-Werth der Tabelle, sowie mit dem zu der beobachteten Lichtstärke gehörigen Exstinctionscoëfficienten multiplicirt. Das Product wird in der Region *A* bis $C^3/_4 D$ zu dem gefundenen Exstinctionscoëfficienten addirt, oder von *D* bis *H* von letzterem abgezogen[2]).

Wie gering die mit meiner bisherigen Methode verbundenen Messungsfehler sind, ergiebt sich zwar schon aus den Tabellenwerthen überhaupt und den Zahlen der *g*-Reihe insbesondere, noch besser aber aus der Reihe *h*, in welcher für die verschiedenen Spectralbezirke diejenige Verschmälerung des (ursprünglich auf 100° gestellten) Eintrittspaltes angegeben ist, bei welcher der Exstinctionscoëfficient einen Fehler von $^1/_{100}$ erreicht hat. Ein Fehler der Art kann in vielen Fällen der quantitativen chemischen Analyse vernachlässigt werden; unter allen Umständen ist er aber corrigirbar!

---

1) Für die Fehlerberechnung wird ein Beispiel nicht überflüssig sein. In der *a*-Reihe ist im Bezirk *a* 37*B* — *B* die Lichtabsorption im Spectrum des Rauchglases 0,610 (Exstinctionscoëff. 0,21468), die wahre Lichtabsorption ist aber 0,583 (Exstinctionscoëff. 0,23434). Also ist der Exstinctionscoëfficient um 0,01966 zu klein. Demnach ist der relative Fehler $\frac{0,01966}{0,21468} = 0,09158$. Bei der Absorptionsmessung wurde der Spalt auf 61 Grade eingestellt, also um 39 Grade bewegt. Also ist der relative Fehler des Exstinctionscoëfficienten für $1^0 = 0,002348$.

2) Also haben wir in dem Beispiel der vorhergehenden Anmerkung $39 \times 0,002348 \times 0,21468 = 0,01966$. Demnach ist der richtige Exstinctionscoëfficient $0,21468 + 0,01966 = 0,32434$, dem die wahre Lichtstärke 0,583 entspricht.

Bloss die Region A bis C macht eine Ausnahme, in welcher der Fehler nicht vernachlässigt werden kann. Diese Region wird aber zur quantitativen chemischen Analyse nicht oder nur ganz ausnahmsweise benutzt. Da wir bei der chemischen Analyse meist mit solchen Verdünnungen arbeiten, bei welchen im Absorptionsspectrum 40 bis 20% Licht übrig bleibt, so ergiebt sich aus den h-Werthen der Tabelle, dass in der ganzen Region von D bis G mit einem Fehler von etwa $^1/_{100}$ gearbeitet wird, wenn man denselben nicht corrigiren will.

Nichts ist somit grundloser als die auf rein theoretischem Boden erwachsene und durch keine einzige Thatsache erwiesene Behauptung, dass die Verwendung von nicht absolut, sondern nur sehr annähernd gleichem Spectrallicht irgend nennenswerthe Fehler bei der Photometrie einführe.

(Siehe nebenstehende Tabelle.)

Die Richtung (+ oder —), welche der Fehler annimmt, je nachdem die Einstellung am rechten oder linken Spaltrand gemacht wird, lässt sich leicht erklären.

Der zum Einfallsrohr des Spectralapparates genau centralen Stellung (Anfangsstellung) des Eintrittspaltes entspricht ein Spectrum von einem durch die Spaltbreite bestimmten Grad der Reinheit. Tragen wir auf die Abscisse die Abstände der grossen Fraunhoferschen Linien auf und die Lichtstärken der Einzelbezirke als Ordinaten, so entsteht eine Curve, die von A bis D (dem Helligkeitsmaximum) ansteigt, um sodann bis H wieder zu sinken (Curve a).

Rückt der Eintrittspalt (bei unveränderter Spaltweite) nach rechts, so erleidet das ganze Spectrum eine Verschiebung nach links. Die Abscissenwerthe werden in diesem Sinn verschoben und wiederum die entsprechende Helligkeitscurve (Curve b) eingetragen.

Rückt der Eintrittspalt nach links, so verschiebt sich das ganze Spectrum nach rechts. Die entsprechende Curve c wird wiederum verzeichnet.

Das Spectrum wird also immer in einer der Spaltbewegung entgegengesetzten Richtung verschoben; dasselbe ist der Fall, wenn bloss der eine Rand des Eintrittspaltes bewegt wird. Die zur Photometrie erforderlichen Bewegungen des Spaltrandes sind aber (da sie

Spectralbezirk	Lichtstärkemessung des Rauchglasspectrums bei der Einstellung: am rechten Spaltrand	am linken Spaltrand	an beiden Spalträndern zugleich	Mittel von a und b	Relative Fehler bei a und b	Fehler des beobachteten Exstinctionscoëfficienten für die Versuche (a) am rechten Spaltrand: absolute Werthe	in Bruchtheilen des Exstinctionscoëfficienten für 1^0 Drehung der Mikrometerschraube	Einstellung des Spaltes, bei welchem der Exstinctionscoëfficient einen Fehler von einem Hundertel erreicht hat
	a	b	c	d	e	f	g	h
$A 37 B - B$ . . .	0,610	0,556	0,585	0,583	$\pm \frac{1}{21,6}$	— 0,01966	— 0,002348	99,7°
$B - B 55 C$ . . .	0,530	0,497	0,515	0,513	$\pm \frac{1}{30,2}$	— 0,01416	— 0,001092	90,9
$B 55 C - B 88 C$.	0,501	0,482	0,490	0,492	$\pm \frac{1}{54,7}$	— 0,00787	— 0,0005254	81,0
$B 88 C - C 15 D$.	0,441	0,433	0,435	0,437	$\pm \frac{1}{109}$	— 0,00395	— 0,0001987	49,7
$C 55 D - C 71 D$.	0,438	0,431	0,432	0,434	$\pm \frac{1}{109}$	— 0,00399	— 0,0001980	49,5
$C 71 D - D$ . . .	0,456	0,457	0,454	0,4565	nicht messbar	0	0	nicht angebbar
$D 15 E - D 30 E$.	0,455	0,461	0,457	0,458	$\mp \frac{1}{153}$	+ 0,00285	+ 0,0001529	34,7
$D 39 E - D 66 E$.	0,438	0,441	0,440	0,4395	$\mp \frac{1}{146}$	+ 0,00296	+ 0,0001469	31,9
$E - E 32 F$ . . .	0,429	0,435	0,434	0,432	$\mp \frac{1}{160}$	+ 0,00303	+ 0,0001444	30,8
$E 80 F - F$ . . .	0,354	0,363	0,360	0,358	$\mp \frac{1}{89,3}$	+ 0,00488	+ 0,0001675	40,3
$F 15 G - F 32 G$.	0,323	0,331	0,329	0,327	$\mp \frac{1}{88,4}$	+ 0,00534	+ 0,0001607	37,5
$F 53 G - F 66 G$.	0,311	0,322	0,314	0,316	$\mp \frac{1}{63,2}$	+ 0,00692	+ 0,0001980	49,9

den Spalt höchstens auf $^1/_6$ der ursprünglichen Breite von $^1/_5$ mm zu verringern haben) so gering, dass dadurch nur sehr unbedeutende Verschiebungen der sich einander zu vergleichenden Spectren entstehen.

Wird also bloss die rechtseitige Platte des Eintrittspaltes (im Sinne der Spaltverengerung) bewegt, so verschiebt sich das Spectrum zunehmend mehr nach rechts. Das Spectrum der nicht verengten Spalthälfte (Absorptionsspectrum) wird somit durch Curve *a* des obigen Beispiels repräsentirt, das Spectrum der reinen Lichtquelle durch Curve *c*.

Also kommen in Region *A* bis $C^3/_4D$ in jedem Einzelbezirk (dessen Gränzen nach den Maassen des Absorptionsspectrums bestimmt werden) Stellen des Absorptionsspectrums von ein wenig grösserer Gesammthelligkeit mit solchen von (ursprünglich) etwas geringerer Gesammthelligkeit des anderen Spectrums zur Vergleichung. Deshalb bedarf das letztere einer etwas geringeren Abminderung seiner ursprünglichen Lichtstärke, um beide Spectren gleich lichtstark zu machen. Der beobachtete Absorptionswerth ist somit etwas zu klein.

In der Region *D* bis *H* kommen dagegen jeweils dunklere Stellen des Absorptionsspectrums zum Vergleich mit (ursprünglich) helleren Stellen des anderen Spectrums; deshalb muss, zum Zweck der Gleichstellung, der Eintrittspalt des letzteren Spectrums etwas stärker verengert werden. Der gefundene Absorptionswerth ist somit etwas zu gross.

Gerade umgekehrt muss es sich selbstverständlich bei der Einstellung mit der linkseitigen Platte des Eintrittspaltes verhalten.

Im Sonnenspectrum nimmt die Lichtstärke von *A* bis *D* zu, erreicht das Maximum in *D* bis *D8E*, um gegen *H* allmählich zu sinken. In dem für die Photometrie der Absorptionsspectren besonders wichtigen Spectrum der Petroleumflamme ist der Bezirk *C75D* — *D* der hellste; auch in diesem Spectrum steigt die Helligkeit von *A* bis *C75D*, um jenseits *D*, gegen *H* hin, allmählich zu sinken.

Ich habe noch zu erörtern, warum (wie aus der *a*- und *b*-Reihe unserer Tabelle hervorgeht) die beiden am linken und rechten Spaltrand gemachten Messungsfehler sich vollständig aufheben.

Zur Berechnung der mit meiner Methode verbundenen kleinen Versuchsfehler würde, wie schon bemerkt, die genaueste Kenntniss der Lichtstärke in jedem (kleinsten) Einzelbezirk des Petroleumflammenspectrums erforderlich sein. Da uns diese vorläufig abgeht, so konnte ich den Fehler nicht anders als mittels des Experimentes bestimmen.

Machen wir aber gleichwohl den Versuch, unsere Kenntnisse über die Lichtstärke des Petroleumflammenspectrums für die vorliegende Aufgabe zu verwerthen. Fraunhofer hat bekanntlich, jedoch nur an 8 Stellen des Sonnenspectrums die Lichtstärke d. h. den Intensitätseindruck, den dieselben auf das Sehorgan machen, in Vergleichswerthen bestimmt. 56 Jahre später habe ich in meiner Schrift über die Anwendung des Spectralapparates zur Messung und Vergleichung der Stärke des farbigen Lichtes (Tübingen 1871), die als Vorläufer zu meinen beiden Monographien über quantitative Spectralanalyse diente, unter anderen die Lichtstärke in sämmtlichen Einzelbezirken des Spectrums des Sonnenlichtes, des diffusen Tageslichtes und der Petroleumflamme gemessen, und zwar nicht bloss in relativen, sondern auch in absoluten Werthen, d. h. reducirt auf „Lichteinheiten“ (Lichteinheit = diejenige kleinste Menge objectiven spectralen Lichtes, bei welcher die Empfindung einer eben noch merklichen Farbe möglich ist).

In Tafel II sowie Tabelle IV meiner Schrift über die Photometrie der Absorptionsspectren (Tübingen 1873) ist der Gegenstand des Weiteren behandelt. Betrachtet man den Verlauf der Lichtstärkecurve des Petroleumflammenspectrums, so ist sogleich ersichtlich, dass zwei von einem bestimmten Punkt *a* des Spectrums gleichweit nach links (gegen Roth) und rechts (Violett) abstehende Punkte in ihrer Lichtstärke von derjenigen des Punktes *a* immer um gleichviel (nach + und —) differiren. Der Satz gilt sogar annähernd noch für ziemlich weite Punktabstände; mit einer für unsere vorliegende Frage mehr als genügender Annäherung gilt er aber für kleine Abstände. Und um solche d. h. um neu hinzukommende resp. wegfallende Superpositionen von Licht von relativ sehr kleinen Unterschieden der Wellenlängen an derselben Stelle des Spectrums handelt es sich bei den Eintrittspaltveränderungen der spectro-

photometrischen Methode, für welche Erscheinungen ich als annähernd richtigen, jedenfalls einfachsten Ausdruck die „gegenseitige Verschiebung beider Spectren“ wählen durfte. Deshalb stellt das Mittel beider Lichtstärkemessungen mittelst Einstellung der rechten und der linken Platte des Eintrittspaltes den wahren Werth der Lichtstärke des untersuchten Spectralbezirkes dar.

Meine Lichtstärkemessungen im Spectrum der Petroleumflamme erweisen sich, wie ich jetzt sehe, als viel genauer, wie ich bisher annehmen durfte. Der geringe, kaum mehr messbare Unterschied des *a*- und *b*-Werthes in der Spectralregion $C71D - D$ unserer Tabelle erklärt sich vollkommen aus den geringen Lichtstärkeunterschieden in dieser Region. Ich hatte gefunden:

für	$C65D - C75D$	837 000	Lichteinheiten
„	$C75D - D$	875 000	„
„	$D - D8E$	873 000	„

1150fach grössere Werthe als in $A - A11a$ und 5010mal grössere als in $G90H - H$.

Die geringen Messungsfehler bei der einseitigen Spaltveränderung bloss an einem Rand sind proportional der Grösse der Drehung der Mikrometerschraube und dem Lichtstärkeunterschied zwischen den beiden Gränzpunkten des zur Messung vorliegenden Spectralbezirkes; je nachdem im prismatischen Spectrum die Lichtstrahlen von gleichen Unterschieden der Wellenlänge weniger (wie im Roth) oder stärker (wie im Grün bis Violett) von einander abstehen, wird also der Messungsfehler grösser oder kleiner sein müssen.

Meine Bestimmungen der Messungsfehler gelten selbstverständlich in aller Strenge nur für solche Spectralapparate, welche von dem von mir benutzten[1]) nicht zu sehr abweichen. Die bisher zu diesem Zweck verwendeten Apparate von verschiedenen Werkstätten zeigen übrigens Spectren von nahezu derselben Ausdehnung. Instrumente mit breiteren Spectren (ein Spectrum von mehr als der doppelten Breite ist selbst für die strengsten Anforderungen der quantitativen chemischen Analyse nicht nöthig) müssen natürlich noch geringere Messungsfehler ergeben, als ich sie gefunden habe.

1) Derselbe ist aus der Steinheil'schen Werkstätte, Nr. 116 des Preiscourantes von 1868.

In Vorstehendem habe ich nachgewiesen, dass die mittelst meiner Methode ausgeführten Messungen fast im ganzen Bereich des Spectrums mit einem sehr geringen Fehler behaftet sind, der in der Mehrzahl der Fälle vernachlässigt, unter allen Umständen aber vollständig corrigirt werden kann, und zwar durch irgend eine der folgenden drei Verfahrungsweisen:

I. bei Benutzung meines bisherigen Spectrophotometers mit bloss zwei beweglichen Platten, indem man die in Rubrik *g* der obigen Tabelle enthaltenen Werthe zur (schnellausführbaren) Correctur verwendet;

oder II. bei Benutzung des Spectrophotometers mit vier beweglichen Platten am Eintrittspalt, indem man links auf — 50 und rechts auf + 50°, also wiederum auf einen ganzen Umgang der Schraubentrommel, einstellt.

Man misst, wie bei I, die übrigbleibende Lichtstärke *m* durch Einstellung der erforderlichen rechtseitigen Platte. Ist *m* unter 0,50, so muss der Spalt noch durch Einstellung der linkseitigen Platte verengt werden, bis beide Spectren (annähernd) dieselbe Lichtstärke haben. Dann stellt man die entsprechende linkseitige Platte völlig oder nahezu auf $\frac{m}{2}$ ein und bringt die genaue Gleichheit beider Spectren durch die nöthige Einstellung *n* der rechten Platte fertig. Die Summe von $\frac{m}{2} + n$ giebt die wahre, von der kleinen Verschiebung beider Spectren völlig unabhängige Lichtstärke resp. deren Exstinctionscoëfficienten. Die vorläufige Einstellung der linken Platte auf $\frac{m}{2}$ kann man, ohne den Sitz vor dem Beobachtungsfernrohr zu verlassen, mittelst der unter dem Einfallsrohr durchgeführten linken Hand bewerkstelligen. Die wirklichen Einzelmessungen werden dann durch Bewegung der leichter zugänglichen rechten Mikrometerschraube ausgeführt. An Einfachheit und Schnelligkeit lässt auch dieses Verfahren nichts zu wünschen übrig. 6—10 gute Einzelmessungen geben ein Endmittel, dessen Fehler erheblich unter $^1/_{100}$ liegt.

Man könnte die Einstellungen am linken Rand des Eintrittspaltes auch einfach (an meinem bisherigen Apparat mit bloss zwei

beweglichen Platten) durch Drehung des Eintrittspaltes um 180° bewerkstellige, wie mir mein College Loth. Meyer vorschlug. Man hätte nur noch für eine Vorrichtung zu sorgen, welche den Eintrittspalt in seinen beiden Stellungen in derselben, genau verticalen Lage zu arretiren hätte. Immerhin wäre aber dieses Verfahren viel weniger bequem als das soeben beschriebene.

III. Ich habe noch ein drittes Verfahren in Aussicht genommen; ich lasse gegenwärtig vier bewegliche Platten verfertigen, die bloss durch zwei (auf der rechten Seite liegende) Mikrometerschrauben bewegt werden, indem die einander gegenüberstehenden Plattenpaare durch eine gemeinsame Schraube immer im entgegengesetzten Sinn bewegt werden. Ich erwarte übrigens von dieser Vorrichtung (vorausgesetzt dass sie tadellos hergestellt werden kann) weder eine grössere Genauigkeit, noch einen Zeitgewinn für die Einzelmessungen. Der Apparat mit vier beweglichen Platten und vier Mikrometerschrauben hat den Vortheil, auch zu anderen als den hier in Rede stehenden photometrischen Zwecken verwendbar zu sein.

Die spectrale Photometrie und die damit unmittelbar zusammenhängende quantitative chemische Analyse jedweder gefärbten oder eine Farbenreaction gebenden Substanz ist mit ungleich grösserer Genauigkeit und Schnelligkeit auszuführen, als irgend eine andere, auf sonstigen optischen Hilfsmitteln beruhende chemische Massmethode. Hoppe-Seyler beschreibt und verwendet noch immer zur quantitativen Bestimmung des Hämoglobulin sein auf Gleichstellung zweier Blutfarbstofflösungen mittels des unbewaffneten Auges beruhendes Verfahren. Vogel und Neubauer geben noch in neuester Zeit eine Farbentafel als Anhaltspunkt zur quantitativen Bestimmung des Harnfarbstoffes! Hoffentlich ist die Zeit nicht mehr ferne, wo derartige colorimetrischen Messungen — die höchstens den geringen Ansprüchen der ordinären Technik einigermassen genügen können — aus den physiologischen Laboratorien und den wissenschaftlichen Anleitungen zur chemischen Technik verschwunden sein werden. Dazu ist freilich eine kleine Anstrengung und ein bischen guter Wille erforderlich.

Ueber den Einfluss der Temperatur der umgebenden Luft auf die Kohlensäureausscheidung und die Sauerstoffaufnahme bei einer Katze.

Von

Carl Theodor, Herzog in Bayern,
Dr. med.

(Aus dem physiologischen Institute zu München.)

Nachdem der zur Untersuchung der gasförmigen Einnahmen und Ausgaben von Thieren bestimmte kleinere Respirationsapparat im physiologischen Institute aufgestellt und durch Controlversuche auf seine Brauchbarkeit geprüft worden war[1]), habe ich mich in den Jahren 1874 und 1875 damit beschäftiget, den Einfluss der Temperatur der umgebenden Luft auf den Gaswechsel bei einer Katze zu prüfen.

Die Versuche sollten nicht entscheiden, wie dieser Vorgang sich gestaltet, wenn der Thierkörper selbst abgekühlt oder höher erwärmt wird; die Bedingungen waren vielmehr der Art, dass die normale Temperatur des Blutes erhalten blieb, wie es beim Leben der Menschen und Thiere in verschiedenen Klimaten der Fall ist.

Zur Erzielung höherer Temperaturen wurde das ganze Zimmer, in dem der Apparat sich befindet, stark geheizt; für niedere Temperaturen wurde an kalten Wintertagen entweder im ungeheizten Zimmer gearbeitet, oder der Kasten mit dem Thiere in das Freie vor das Fenster gestellt und durch einen Kautschukschlauch mit dem übrigen Apparate in Verbindung gesetzt.

Die ausgewachsene Katze, von einem Gewichte von 2,5 ^{kg}, bekam, um sie möglichst gleichmässig in ihrem Körperzustande zu erhalten, Tag für Tag das gleiche Futter. Vom 14. bis 30. December

1) Diese Zeitschrift 1875 Bd. XI S. 532.

1874 erhielt sie täglich 100g sorgfältig ausgeschnittenes Rindfleisch und 10g reines Schmalz. Da sie dabei an Gewicht etwas abnahm, wurde die tägliche Ration vom 31. December 1874 bis zum 14. Juni 1875 auf 120g Fleisch und 15g Schmalz erhöht.

Das Thier befand sich, mit Ausnahme der Zeit, die es im Respirationsapparate zubrachte, in einem ungeheizten Raume, damit es den verschiedenen Temperaturen unseres Klimas ausgesetzt blieb.

Ich halte es von Interesse, die Liste der Wägungen der Katze mit der mittleren Temperatur im Freien hier anzufügen, da daraus Einiges zu entnehmen ist[1]).

Tabelle I.

Datum 1874 und 1875	Mittlere Temp. in °R.	Gewicht d. Katze in g	Datum 1875	Mittlere Temp. in °R.	Gewicht d. Katze in g	Datum 1875	Mittlere Temp. in °R.	Gewicht d. Katze in g
14. Dec.	— 0,3	2651	29. Jan.	+ 1,8	2634	10. März	+ 4,0	2624
16. „	— 1,4	2684	30. „	+ 0,2	2638	*11. „	+ 0,8	2596
19. „	— 4,6	2545	31. „	— 5,3	2621	*15. „	+ 2,5	2617
21. „	— 3,9	2609	1. Febr.	— 3,9	2574	*19. „	— 1,0	2651
28. „	— 5,6	2565	2. „	+ 0,9	2567	*22. „	— 4,1	2629
30. „	— 7,3	2486	3. „	+ 1,9	2619	*25. „	+ 1,1	2607
31. „	— 9,1	2470	4. „	— 0,5	2592	*27. „	+ 3,6	2620
1. Jan.	— 7,4	2464	* 5. „	— 3,5	2597	*30. „	+ 1,9	2619
2. „	— 8,5	2480	6. „	— 3,7	2610	1. April	+ 4,1	—
3. „	+ 1,3	2482	7. „	— 7,6	2598	3. „	+ 5,9	—
4. „	+ 2,2	2491	8. „	— 6,1	2615	6. „	+ 10,5	—
5. „	+ 2,8	2485	* 9. „	— 6,1	2617	9. „	+ 6,4	—
6. „	+ 2,3	2485	10. „	— 8,2	2611	12. „	+ 10,4	—
7. „	+ 0,6	2486	*11. „	— 6,9	2609	15. „	+ 3,1	—
8. „	— 0,9	2499	12. „	— 7,4	2602	18. „	+ 7,4	—
9. „	+ 0,4	2511	13. „	— 4,1	2600	*20. „	+ 12,0	2664
10. „	— 3,2	2513	*14. „	— 4,1	2620	24. „	+ 5,4	—
11. „	— 3,7	2517	15. „	— 4,2	2614	27. „	+ 8,9	—
12. „	+ 1,5	2550	*16. „	— 0,4	2607	*29. „	+ 9,8	2763
*13. „	+ 2,4	2533	17. „	— 1,0	2606	1. Mai	+ 13,3	—
14. „	+ 2,4	2547	18. „	— 3,5	2619	* 4. „	+ 11,5	2809
15. „	+ 2,4	2555	19. „	— 5,4	2614	* 7. „	+ 13,1	2849
16. „	+ 3,0	2579	20. „	— 3,0	2610	10. „	+ 16,6	—
17. „	+ 3,4	2580	21. „	— 4,5	2612	13. „	+ 14,4	—
18. „	+ 3,4	2592	22. „	— 9,3	2612	16. „	+ 16,1	—
19. „	+ 6,4	2578	*23. „	— 7,8	2597	19. „	+ 11,1	—
20. „	+ 6,3	2577	24. „	— 6,9	2588	22. „	+ 18,4	—
21. „	+ 6,3	2596	25. „	— 5,0	2563	*25. „	+ 16,0	2922
22. „	+ 1,1	2598	26. „	— 3,2	2557	*28. „	+ 10,0	2967
23. „	+ 0,4	2619	27. „	— 4,1	2567	31. „	+ 13,3	—
24. „	+ 6,5	2623	28. „	— 3,2	2561	2. Juni	+ 16,2	—
25. „	+ 4,7	2612	1. März	— 3,1	2572	5. „	+ 15,3	—
26. „	+ 1,5	2619	2. „	— 3,1	2588	* 8. „	+ 16,0	3001
27. „	— 3,4	2635	3. „	0	2611	11. „	+ 15,8	—
28. „	— 3,6	2650	6. „	— 5,6	2603	*14. „	+ 18,2	3047

1) An den mit * bezeichneten Tagen wurde ein Respirationsversuch gemacht.

Nachdem das Thier durch die Vermehrung der Fleisch- und Fettgabe (vom 31. December 1874 angefangen) einige Zeit an Gewicht zugenommen hatte, blieb es vom 16. Januar an bis zum 30. März während der kalten Jahreszeit nahezu auf dem gleichen Gewichte; die grössten Schwankungen betrugen 2557 und 2650g. Von da aber nahm es mit dem Eintritt der wärmeren Tage an Gewicht allmählich zu, bis es bei Beendigung des Versuchs am 14. Juni 3047g wog.

Es ist wohl noch niemals ein Thier während so langer Zeit (6 Monate) völlig gleichmässig ernährt worden, um den allgemeinen Einfluss der äusseren Temperatur und der Jahreszeit auf den Körper zu prüfen. Man kann wohl mit Sicherheit aus obigen Gewichtszahlen schliessen, dass aus irgend einem Grunde im Sommer weniger Nahrung nöthig ist als im Winter, da eine Stoffzufuhr, welche während der kälteren Wintermonate den Körper auf seinem Gewichte erhielt, im Sommer eine ansehnliche Gewichtszunahme bedingte. Ich will die Ursachen dieser Erscheinung nicht näher erörtern; ich bemerke nur, dass eine derselben die häufigere und intensivere Bewegung des Thieres in der Kälte sein kann, welche einen grösseren Verbrauch an Fett bedingt.

Während dieser Zeit wurden nun 22 Versuche (von 5—6 Stunden Dauer) mit dem kleinen Respirationsapparate angestellt und dabei die Aufnahme des Sauerstoffs, sowie die Abgabe von Wasserdampf und Kohlensäure untersucht. Ich habe zu der Art der Anstellung der Versuche nichts mehr zu bemerken, da diese in der vorher erwähnten Beschreibung des Apparates zur Genüge angegeben worden ist.

Die vollständige Mittheilung der Protokolle mit der grossen Menge von Zahlen wäre nicht gut durchführbar. Ich setze daher nur die Hauptzahlen hier bei, um dann in einer Tabelle die Resultate zu geben. Bei jedem Versuche wurden von der Kohlensäure und dem Wasser zwei Bestimmungen ausgeführt, um die Ueberzeugung zu gewinnen, dass keine grösseren Fehler gemacht worden sind. Es werden in dem Archive des physiologischen Institutes alle Originalaufzeichnungen mit den Ausrechnungen aufbewahrt, um davon noch weiter Einsicht nehmen zu können.

Für gewöhnlich erhielt die Katze ihr Futter täglich Mittags 12 Uhr vorgesetzt, welches sie in kurzer Zeit verzehrte. Nur an den Versuchstagen wurde ihr dasselbe erst nach Beendigung des Versuchs, um 4 oder 5 Uhr Abends gegeben. Der Respirationsversuch begann um 10 oder 11 Uhr Vormittags, so dass also die Katze während desselben im Hungerzustande sich befand und stets die gleiche Zeit, nämlich 17 Stunden, vorher ihre letzte Mahlzeit beendet hatte. Das Thier war also bei jedem Versuche, wenn man von der späteren Gewichtszunahme absieht, in dem gleichen Zustande und hätte daher stets die gleichen Mengen von Kohlensäure liefern müssen.

Ich stelle zunächst die Resultate der 22 Versuche in der Reihenfolge, wie sie angestellt worden sind, zusammen:

Tabelle II.

Datum 1875	Versuchsdauer	Gewichtsabnahme des Thieres in g	Gesammte Luftmenge in l	Kohlensäure pro mille		Wasser pro mille		Temperatur in °C.
				einström. Luft	abström. Luft	einström. Luft	abström. Luft	
13. Jan.	5 St. 0 M.	10,75	8640,6	0,9921	2,7201	4,7340	5,6812	+ 5,0
5. Febr.	6 0	10,60	10064,0	0,5944	2,1799	2,9308	3,8945	+ 2,4
9. „	5 3	10,15	7511,7	0,6853	2,8068	2,6237	3,8397	+ 1,3
11. „	5 28	10,60	8717,4	0.5683	2,7964	1,8051	2,9349	— 4,7
14. „	5 49	10,10	8369,6	0,6059	2,7393	2,5887	3,7770	— 3,0
16. „	5 53	10,65	6354,1	0,5697	3,3856	4,2857	6,2204	+ 0,2
23. „	5 18	10,95	7247,1	0,6310	3,0491	1,9911	3,2161	— 5,5
11. März	5 9	17,00	6851,3	0,8572	3,0387	5,5721	7,8582	+ 15,6
15. „	5 6	15,60	7582,6	0,7876	2,6865	4,9307	6,9658	+ 14,1
19. „	5 30	14,10	8516,3	0,5632	2,9298	3,5379	4,9301	+ 3,1
22. „	6 1	14,80	9408,5	0,5563	2,9050	2,2221	3,7253	— 3,2
25. „	5 31	11,60	6812,4	0,5789	2,9811	4,8433	6,2672	+ 2,0
27. „	5 54	16,00	9937,2	0,8623	2,4316	—	—	+ 19,8
30. „	5 45	16,60	9376,2	1,1437	2,3738	—	—	+ 30,8
20. April	6 6	16,50	12423,9	1,2056	2,2857	—	—	+ 27,8
29. „	7 4	16,40	13147,3	0,6635	2,2397	6,3007	7,5552	+ 12,3
4. Mai	5 45	20,38	9800,6	0,8806	2,1650	10,4123	12,3169	+ 29,6
7. „	6 12	15,07	13628,5	0,6139	1,8070	7,8967	9,0854	+ 16,3
25. „	6 35	13,70	11484,9	0,8734	2,2038	10,0581	11,0947	+ 18,0
28. „	5 55	15,60	9566,1	0,7851	2,1054	9,9563	11,7013	+ 29,7
8. Juni	6 3	13,50	11788,1	0,5815	1,8085	11,4454	12,4574	+ 20,1
14. „	6 8	14,60	7735,8	0,7307	2,7184	9,5512	11,3066	+ 20,3

Ich berechne zur besseren Vergleichung die absoluten Werthe auf die Zeit von sechs Stunden und ordne die Versuche nach der Temperatur der umgebenden Luft, mit der niedrigsten beginnend.

Tabelle III.

Gewichts-abnahme in g	Wasser in g	Kohlensäure in g	Sauerstoff in g	Verhältniss 100:	Temperatur in °C.
1) 12,4	10,05	19,83	17,48	82	— 5,5
2) 11,6	10,85	21,31	20,54	76	— 4,7
3) 14,8	14,12	22,03	21,39	75	— 3,2
4) 10,4	10,25	18,42	18,26	74	— 3,0
5) 10,9	12,51	18,24	19,95	66	+ 0,2
6) 12,1	10,87	18,92	17,73	78	+ 1,3
7) 12,6	10,54	17,87	15,79	82	+ 2,0
8) 12,7	11,64	19,21	18,13	77	+ 2,4
9) 15,4	12,92	21,97	20,61	77	+ 3,1
10) 12,9	9,82	17,90	14,82	87	+ 5,0
11) 13,9	14,00	17,63	17,71	72	+ 12,3
12) 18,3	18,16	16,94	16,75	73	+ 14,1
13) 19,9	18,24	17,36	15,80	80	+ 15,6
14) 14,6	13,59	15,73	14,74	77	+ 16,3
15) 12,5	10,60	13,93	12,30	82	+ 18,0
16) 16,3	—	15,88	—	—	+ 19,8
17) 13,4	11,83	14,34	12,78	81	+ 20,1
18) 14,5	13,28	14,96	14,00	77	+ 20,3
19) 16,2	—	13,18	—	—	+ 27,8
20) 21,3	19,48	13,12	10,87	84	+ 29,6
21) 15,8	16,92	12,81	13,91	67	+ 29,7
22) 17,3	—	12,03	—	—	+ 30,8

Es ist darnach keinem Zweifel unterworfen, dass in der Kälte die Kohlensäureausscheidung und die Sauerstoffaufnahme zunimmt, in der Wärme abnimmt.

Die Zahlen wachsen allerdings nicht gleichmässig mit der Temperaturerniedrigung; dabei möge man aber bedenken, dass die Katze im Apparate sich bewegen konnte und kein Moment von grösserem Einflusse auf die Kohlensäureproduction ist als die Körperbewegung.

Die Katze, welche an das Verweilen im Apparate ganz gewöhnt war, blieb meistentheils ruhig im Glaskasten liegen; aber es konnte

nicht verhindert werden, dass sie ab und zu, namentlich wenn Jemand in das Zimmer trat, sich erhob und etwas auf und ab spazierte. Ich habe, ohne dass das Thier mich sehen konnte, dasselbe häufig beobachtet und mir Notizen über sein Thun und Lassen in dem Kasten des Apparates gemacht. So finde ich z. B. zum Versuch Nr. 3 der Tabelle III angegeben, dass die Katze, deren Käfig dabei im Freien sich befand, durch Lärm auf der Strasse gestört wurde, ebenso bei Versuch Nr. 9 der gleichen Tabelle, dass die Katze wegen Hundegebell beunruhigt war. An diesen Tagen findet sich nun auch die grösste Abweichung von dem gewöhnlichen Gang des Gaswechsels in dem Sinne, dass mehr Kohlensäure auftrat, als sonst der Temperatur entsprochen hätte. Ich bin überzeugt, dass dieses grössere Plus von den Körperbewegungen herrührt, sowie auch die sonstigen kleineren Abweichungen von dem normalen Gange.

Die grössten Schwankungen in der Kohlensäuremenge betrugen 12,03 — 22,03g oder 83% bei einer Temperaturdifferenz von 37°C. Es trat, wenn man von der mittleren Temperatur von 16° C. ausgeht, bei Erniedrigung der Temperatur eine Zunahme in der Quantität der Kohlensäure, bei einer Erhöhung eine Abnahme ein. Aehnlich ist es mit dem Sauerstoff.

Man kann die Abnahme des Gaswechsels in den Monaten April, Mai und Juni, in welche die meisten Wärmeversuche fallen, nicht mit der Aenderung des Körperzustandes des Thieres während der wärmeren Jahreszeit in Zusammenhang bringen. Im März war es noch sehr kalt und hatte das Thier noch nicht an Gewicht zugenommen; in diesen Monat trafen nun vom 22. bis 30. vier Versuche, zwei in der Kälte und zwei in der Wärme, welche nicht von dem Gange der übrigen abweichen.

Das mittlere Verhältniss des aufgenommenen Sauerstoffs zu dem in der Kohlensäure enthaltenen war wie 100 : 77, also gleich dem beim hungernden Hunde gefundenen.

Ueber die Wirkung der Temperatur der umgebenden Luft auf die Zersetzungen im Organismus der Warmblüter.

Von

Carl Voit.

1. Uebersicht der Literatur.

Durch die in meinem Laboratorium ausgeführten Untersuchungen hat man eine Anzahl der Bedingungen für die Stoffzersetzungen im thierischen Organismus näher kennen gelernt. Es haben sich dabei Resultate ergeben, welche mit den früher über die Ursachen des Zerfalls gehegten Ansichten vielfach in Widerspruch stehen.

Der den grössten Ausschlag gebende Factor für die Zersetzung des Eiweisses in einem gegebenen Organismus ist die Quantität des aus dem Darm aufgenommenen Eiweisses; kein anderes Moment wirkt in so hohem Grade darauf ein. Bei verschiedenen Organismen ist es ausserdem die Masse der Organe, welche vorzüglich die Grösse des Eiweisszerfalls bestimmt.

Aus den vielen Versuchen wurde erschlossen, dass die Ursachen für diesen Umsatz sich in den Zellen vorfinden, ähnlich wie die der Gährung in den Hefezellen, und dass die Zellen je nach ihrer Beschaffenheit und den Umständen, unter denen sie sich befinden, die Fähigkeit besitzen, eine gewisse Maximalmenge von dargebotenem Eiweiss zum Zerfall zu bringen, so wie die Hefezellen eine bestimmte Quantität von Zucker in der Zeiteinheit in Kohlensäure und Alkohol umzuwandeln vermögen. Sind daher viele Zellen thätig, wie z. B. in einem grösseren Organismus, so wird unter sonst gleichen Verhältnissen mehr Eiweiss zerstört. Erhalten dieselben mehr zersetzungsfähiges Material zugeführt, so wächst der Umsatz; hört die Zufuhr vom Darm aus auf, oder ist sie zu gering,

so verlieren die Zellen von sich Eiweiss, wie auch bei Abwesenheit von Zucker die Cellulose der Hefezellen vergährt. Entsprechend den in der Hefezelle abgelagerten Kohlehydraten und den aus der Gährungsflüssigkeit mit ihr in Beziehung tretenden Kohlehydraten verhält sich das zur Zelle gehörige Eiweiss und das während des Lebens in Lösung sie durchsetzende Eiweiss, welche ich im Hinblick auf dieses ihr Verhalten im Thierkörper das Organeiweiss und das circulirende Eiweiss genannt habe.

Es wird demnach durch verschiedene Umstände die Grösse der Eiweisszersetzung bedingt. In einem bestimmten Organismus kann die Zahl oder das Volum der Zellengebilde sich ändern und damit auch der Eiweisszerfall. Bei einer gegebenen Anzahl oder einem gegebenen Volum der Zellen wird auf zweierlei Weise der Eiweissverbrauch beeinflusst, einmal indem verschiedene Mengen von Eiweiss an den Zellen vorübergeführt werden und in ihnen die Bedingungen des Zerfalls vorfinden, zum Andern indem sich die Bedingungen in den Zellen selbst ändern, so dass ihre Maximalleistung verschoben oder auch in manchen Fällen der Zusammenhalt des Zellmaterials gelockert wird. Das Erstere ist z. B. der Fall, wenn mehr Eiweiss vom Darm aus in die Säfte gelangt, oder wenn die Ernährungsflüssigkeit öfter die Zelle passirt, wie es nach grösseren Gaben von Kochsalz oder Glaubersalz angenommen wird. Das Letztere tritt unter verschiedenen Umständen ein; es ist in manchen Fällen die Gegenwart anderer Stoffe von Einfluss, indem z. B. bei der gleichzeitigen Zerlegung von Fett, von Kohlehydraten oder von Leim weniger Eiweiss in den Zerfall gezogen wird; es bewirken weiterhin gewisse Agentien z. B. Kälte oder Wärme veränderte Bedingungen für den Umsatz, und es erfährt endlich der Leib der Zelle gewisse Veränderungen, wie z. B. bei der Phosphorvergiftung, wo die Zelle selbst in ihrem Bestande angegriffen wird, oder bei Mangel an Sauerstoff nach den Vorstellungen von Fränkel.

Die Grösse der Zersetzung des Fettes (oder der anderen in den Organen abgelagerten stickstofffreien Stoffe) im Thierkörper zeigt sich vor allem abhängig von der Arbeitsleistung des Individuums; alle anderen Einflüsse treten gegen diesen sehr zurück. Die Grösse der Fettzufuhr bestimmt nicht den Grad der Zerstörung

des Fettes, wie die Zufuhr des Eiweisses den Zerfall dieses Stoffes, denn es wird die Fettzersetzung dadurch nur sehr wenig beeinflusst. Der grössere Fettverbrauch bei der Muskelarbeit rührt von einer Aenderung der Bedingungen der Zersetzung in der Zelle her, wodurch letztere die Eigenschaft empfängt, mehr Fett zu zerlegen; die grössere Zufuhr von Fett bringt diese Veränderung nicht hervor. Die Gegenwart und der reichliche Zerfall anderer Stoffe z. B. von Eiweiss oder von Kohlehydraten vermindert allerdings den Umsatz des Fettes oder hebt ihn ganz auf. Es ist möglich, dass noch weitere Aenderungen in der Beschaffenheit der Zellen auf das Maximum der Fettzersetzung influiren.

Wenn man durch irgend eine Einwirkung auf den Körper eine Aenderung in der Stoffzersetzung wahrnimmt, so hat man daher zu untersuchen, welches der eben genannten Momente diese Aenderung hervorgebracht haben möge.

Man hat nun seit langem der Temperatur der umgebenden Luft einen ganz wesentlichen Einfluss auf die Zersetzungen in dem Körper und demnach auch auf das Nahrungsbedürfniss zugeschrieben.

Die ersten hierher gehörigen Angaben rühren von Crawford[1]) her, welcher aus Versuchen an Meerschweinchen erschloss, dass dieselben in der Kälte die Luft mehr phlogistisiren und dabei mehr Wärme entbinden als in warmer Umgebung. Er brachte die Thiere unter eine Glocke, in welcher 2840 ^{ccm} Luft abgesperrt waren; nachdem dieselben 36 — 42 Minuten darin geathmet hatten, bestimmte er den Sauerstoffgehalt durch Zusatz von 1 Vol. Stickoxydgas zu 2 Vol. Luft und Beobachtung der Volumsabnahme. Er fand Folgendes:

	Temperatur in °C.	Versuchszeit in Min.	Volumsverminderung auf	Verhältniss des O-Verbrauchs
1)	13	42	2,75	1 : 2,0
	40	42	2,50	
2)	8	36	2,50	1 : 1,6
	39	36	2,20	
3)	39	36	2,30	1 : 1,4
	11	36	2,50	

1) Adair Crawford, exper. and observ. on animal heat. London 1788.

Bei einer Differenz von 29° fand sich also in der wärmeren Luft eine Abnahme des Sauerstoffverbrauchs um 67 %. Crawford schloss daraus auf eine dem Bedürfniss entsprechende Wärmeerzeugung. Er meint, dass in der Kälte das Blut durch die Zusammenziehung der Gefässe nach der Lunge gedrängt und dadurch Puls und Athemholen wie bei der Leibesbewegung voller werden.

Heut zu Tage würden wir wohl auf solche Versuche nicht viel geben, schon desshalb, weil nach allen Erfahrungen mit Stickoxydgas keine befriedigenden Resultate erhalten werden können.

Ungleich weiter kam Lavoisier. Er hat durch seine geradezu bewundernswürdigen Versuche am Thier und Menschen den grössten jemals gemachten Schritt zur Einsicht in den Vorgang der Respiration und in die Bedeutung der Zersetzungen im Körper gethan.

Nachdem durch ihn einmal erkannt war, dass die Eigenwärme des Thieres von der Verbrennung der Bestandtheile seines Leibes herrührt, lag bei den damaligen Anschauungen die Annahme nahe, dass durch irgend eine Einrichtung in kalter Luft mehr, in warmer weniger Material oxydirt werde. In der That fand er mit Seguin[1]) am Menschen in 1 Stunde, im nüchternen Zustande und bei möglichster Ruhe, bei einer Temperatur von 32,5° C. einen Sauerstoffverbrauch von 1210^{cbz} = $34,49^{g}$, bei einer Temperatur von 15° C. von 1344^{cbz} = $38,31^{g}$. Es thun diese beiden Versuche dar, dass der Mensch in einer um 17,5° die normale übertreffenden Temperatur 11 % Sauerstoff weniger aufnimmt, aber nicht, dass er in der Kälte mehr verbraucht.

Lavoisier erklärte diese Thatsache durch die grössere Dichtigkeit der kälteren Luft und der dadurch veranlassten stärkeren Berührung derselben mit dem Blute in der Lunge[2]). Er meinte

1) Premier Mémoire sur la respiration des animaux 1789; oeuvres T. II p. 688. — Premier Mémoire sur la transpiration des animaux 1790; oeuvres T. II p. 704. — 3 Briefe von Lavoisier an Black, report of the British Association. Edinburgh 1871 p. 189.

2) Diese Erklärung scheint in Widerspruch zu stehen mit der von Lavoisier schon gekannten Thatsache, dass beim Athmen in reinem Sauerstoff von letzterem nicht mehr verbraucht wird als in der atmosphärischen Luft; ich werde später berichten, wie Lavoisier sich über diese Schwierigkeit hinweghilft.

nämlich, das Material für die Verbrennung läge als eine kohlenstoff- und wasserstoffreiche Substanz in der Lunge bereit und bedürfe nur des Zutritts von Sauerstoff, um zu verbrennen. Daneben kannte er sehr wohl die Regulation der Wärmeabgabe durch verminderten Wasserverlust in der Kälte und durch reichliche Transpiration in der Wärme.

Von hohem geschichtlichen Interesse sind Lavoisier's Ideen über die drei grossen Regulatoren der thierischen Maschine, nämlich die die Wärme liefernde Respiration, die die Wärmeabgabe beeinflussende Transpiration und die den Verlust wieder ersetzende Verdauung[1]).

Obwohl die Methode, welche Lavoisier und Seguin zur Bestimmung der Respirationsproducte des Menschen einschlugen, nicht genau bekannt ist und wir nur wissen, dass sie wie später Regnault und Reiset die erzeugte Kohlensäure durch Kalilauge wegnahmen und den verbrauchten Sauerstoff durch neuen ersetzten, so ersehen wir doch aus der Uebereinstimmung ihrer Resultate mit denen neuerer Bestimmungen, wie vollendet für die damalige Zeit ihre Apparate waren.

Die Arbeiten und Ideen Lavoisier's blieben lange Zeit in der Physiologie nahezu unbeachtet, ja sie wurden von Seite der Physiologen vielfach mit Misstrauen angesehen; meint doch z. B. noch im Jahre 1835 Joh. Müller[2]), die Hypothese der Wasser-

---

1) Lavoisier that auch zuerst die Vermehrung der Sauerstoffaufnahme während der Verdauung und bei der Arbeitsleistung des Menschen dar; im letzteren Falle fand er eine Steigerung von 1344 cbz = 38,31 g auf 3200 cbz = 91,21 g in der Stunde, d. i. um 2,4 mal mehr. Die Ursache dafür ist nach ihm die beschleunigte Respiration, welche mehr Sauerstoff zuführt; es wird dadurch die Oxydation verstärkt und das Bedürfniss nach Ersatz durch die Nahrung grösser. Er meint, dass die Zahl der Pulsschläge in directem Verhältnisse zur Höhe des bei der Arbeit erhobenen Gewichtes stehe; durch einfache Zählung der Zunahme der Pulsschläge will er nun erkennen, welches Gewicht durch die körperlichen Leistungen eines Redners oder eines spielenden Musikers gehoben wird, oder gar die der psychischen Thätigkeit entsprechende mechanische Arbeit eines denkenden Philosophen oder eines componirenden Musikers ermessen. Ob Lavoisier das Gesetz von der Erhaltung der Kraft nicht so gut wie wir gekannt und für die Vorgänge im Thierkörper in weitester Ausdehnung angewendet hat?

2) Handbuch der Physiologie 1835 S. 318.

erzeugung im Thierkörper wäre bloss zum Vortheile der Verbrennungstheorie von Lavoisier und Laplace erfunden, aber nicht erwiesen.

Fünfzig Jahre später hat Liebig in seinen Abhandlungen in den Annalen, in der Thierchemie und in den chemischen Briefen[1]) ganz die gleiche Lehre vorgetragen, dass durch Abkühlung des Körpers zugleich mit dem Wärmeverlust die Menge des eingeathmeten Sauerstoffs zunehme; die Folge davon sei eine Mehrzersetzung im Körper und ein grösseres Bedürfniss nach Speise, in dessen Befriedigung wir den wirksamsten Schutz gegen die grimmigste Kälte erhielten. Die anscheinend so sehr verschiedene Kost der Bewohner der Pole und der Tropenländer scheint ihn vor allem in diesen Vorstellungen bestärkt zu haben, denn er sagt nachdrücklichst: „Die Menge der zu geniessenden Speisen richtet sich nach der Anzahl der Pulsschläge und Athemzüge, nach der Temperatur der Luft und nach dem Wärmequantum, das wir nach aussen hin abgeben; keine isolirte, entgegenstehende Thatsache kann die Wahrheit dieses Naturgesetzes ändern.“

Früher hatte Liebig wie Lavoisier den Grund der intensiveren Verbrennung in der Kälte in der Aufnahme der dichteren und sauerstoffreicheren Luft gesucht; später jedoch, als er erkannt hatte, dass die vom Blute aufnehmbare Sauerstoffmenge eine constante Grösse und bis zu einer gewissen Grenze unabhängig von dem äusseren Drucke ist, kam er von dieser Meinung zurück, und liess den Sauerstoffverbrauch lediglich von den Athembewegungen und von der Bewegung des Blutes abhängig sein.

Diese Vorstellungen galten durch Liebig's überzeugende Darstellungen bei den Meisten als vollständig bewiesen, und nur die immer erneuten Versuche, den Einfluss der Temperatur der Umgebung auf den Stoffumsatz experimentell festzustellen, zeigten, dass die Sache durchaus noch nicht entschieden war.

Diese Experimente haben längere Zeit aus verschiedenen Ursachen keine übereinstimmenden Resultate gebracht.

---

1) Thierchemie 1846, 3. Aufl., S. 17, 21, 23, und chemische Briefe 1851 S. 364, 368 und 370.

Man muss, wie man allmählich, zuletzt vorzüglich durch die von Pflüger und seinen Schülern gemachten Versuche erkannte, unterscheiden zwischen der Einwirkung von Kälte und Wärme auf Kaltblüter, welche bei Schwankungen der Temperatur der Umgebung ihre Körperwärme ändern, und der Einwirkung auf Warmblüter mit ihrer in weiten Gränzen constanten Eigenwärme, ferner zwischen den momentanen und dauernden Erfolgen, und endlich bei Warmblütern zwischen den Erscheinungen bei Gleichbleiben der Körpertemperatur und bei Veränderung derselben.

Für die Kaltblüter (Frösche) ist in letzter Zeit von Hugo Schulz[1]), einem Schüler Pflüger's, das, was man bis dahin allgemein ohne vollgiltige Beweise angenommen hatte, durch eine richtige Versuchsanordnung, wornach sich bei den Kälteversuchen die Thiere mindestens 12 Stunden lang vorher im Eisschrank befanden, mit Sicherheit festgestellt worden, dass nämlich bei diesen Thieren die Kohlensäureausscheidung (und die Sauerstoffaufnahme) von der Temperatur ihres Körpers (1—34,0°) abhängig ist und die Intensität der beiden Functionen proportional mit letzterer steigt und fällt. Nach Pflüger's[2]) Erörterungen sind die früheren, theilweise differirenden Angaben von Marchand[3]), nach denen Frösche bei niederer Temperatur der Umgebung (2° C.) einen geringen Gaswechsel zeigen, bei 6° den grössten und von da ab bis zu 30° einen allmählich abnehmenden, nicht richtig und beruhen auf Fehlern der Methode; er setzt auch Manches an den einstündigen Beobachtungen Moleschott's[4]) aus, der zu den gleichen Schlussfolgerungen wie Schulz gekommen ist, vorzüglich, dass dabei die Temperatur des Thieres unbekannt war, und dann, dass bei dem Uebergang von Kalt in Warm und umgekehrt durch Aenderung des Absorptionscoëfficienten der Kohlensäure und durch Aenderung der Spannung der locker gebundenen Kohlensäure die Ausscheidung der letzteren kein Maass für ihre Bildung ist. Jedenfalls geht aber aus Moleschott's Versuchen hervor, dass von den Fröschen in

---

1) Arch. f. d. ges. Physiol. 1876 Bd. XIV S. 78.
2) Arch. f. d. ges. Physiol. 1876 Bd. XIV S. 73.
3) Journ. f. pr. Chemie 1844 Bd. XXXIII S. 129.
4) Unters. zur Naturlehre 1857 Bd. II S. 315.

warmer Luft von 28° mehr Kohlensäure abgegeben wird als in kalter Luft bei — 2°.

Schon im Jahre 1813 verwendete Delaroche bei seinen gleich zu erwähnenden Untersuchungen auch Frösche, welche bei einer Temperatur von 7° ansehnlich weniger Sauerstoff und Kohlensäure lieferten als bei einer Temperatur von 27°.

Regnault und Reiset hatten 1850 an Eidechsen bei verschiedener Temperatur drei Versuche angestellt, bei welchen sie bei Steigerung der Temperatur der umgebenden Luft von 7,3° auf 14,8° und 23,4° eine ansehnliche Zunahme der Kohlensäureausscheidung fanden. Es ist jedoch hieraus für unsere Frage kein sicherer Schluss zu ziehen, da die Thiere im ersten Versuche erstarrt und schlafend, im zweiten halb wach, im dritten ganz wach waren und der Unterschied wohl zum grossen Theil von der ungleichen Körperbewegung herrührt.

An wirbellosen Thieren, welche ebenfalls leicht ihre Körpertemperatur ändern, liegen einige Versuche mit ähnlichem Resultate wie an Fröschen vor. Nach Spallanzani[1]) sollen Schnecken im abgeschlossenen Raume den Sauerstoff um so schneller verzehren, je höher der Raum erwärmt ist. Bienen geben nach Treviranus[2]) bei einer Temperatur von 22° dreimal mehr Kohlensäure aus als bei 11,5°; ähnlich ist es nach ihm bei Hummeln und Libellen. Sehr bemerkenswerthe Versuche stellte Bütschli[3]) über die Respiration der Blatta orientalis an, wobei 18—20 dieser Thiere während 7—13 Tagen geprüft wurden; bei einer Aussentemperatur von 4° schieden 1000 g der Thiere in 1 Stunde 0,0739 g Kohlensäure aus, bei 32—35° dagegen 0,815 g, also zwölfmal mehr; der nur indirect bestimmte Sauerstoff wird bei höheren Temperaturen alsbald verbraucht, bei niederen aber in beträchtlicher Menge aufgespeichert. Es ist jedoch bei den Versuchen an den Wirbellosen nicht zu entscheiden, wie viel auf Wirkung der Kälte und wie viel auf die der geringeren Muskelbewegung kommt; denn nach Treviranus waren die Thiere in der kalten Luft erstarrt, in der warmen dagegen machten sie Bewegungen, und nach Bütschli verharrten die sonst

1) Mémoires sur la respiration 1803.
2) Zeitschrift f. Physiologie 1831 Bd. IV S. 1.
3) Arch. f. Anat. u. Physiol. 1874 S. 348.

so lebhaften Schaben bei niederer Temperatur in fast regungslosem Zustande.

Viel complicirter liegen die Verhältnisse über den Einfluss der Temperatur auf den Gaswechsel bei den warmblütigen Thieren, welche längere Zeit die Fähigkeit besitzen, ihre Eigenwärme zu erhalten.

Nach den Untersuchungen am Menschen von Lavoisier und Seguin folgte eine Mittheilung von Berthollet[1]) und dann im Jahre 1813 Angaben von Delaroche[2]), welcher die Thiere in ein 28 l fassendes Glasgefäss brachte, aus dem durch Verdrängen der Luft mittelst Wasser Proben entnommen wurden. Jeder Versuch währte etwa 1 Stunde und zwar einmal in einem kalten Zimmer, den Tag darauf bei mit warmem Wasser umgebener Glocke. Die Bestimmung des Sauerstoffs geschah mit Volta's Eudiometer, die der Kohlensäure durch Kalkwasser. Kaninchen, Meerschweinchen, Katzen und Tauben athmeten im Gegensatze zu den Fröschen bei einer Temperatur von 31° C. im Mittel um 17% Sauerstoff und um 9% Kohlensäure weniger ein und aus als bei 10° C.

Darnach kam eine lange Pause bis zum Jahre 1845, in welchem Vierordt seine bekannte Untersuchung über das Athmen veröffentlichte, welcher alsbald eine Reihe weiterer hierher gehöriger Arbeiten folgte.

Vierordt[3]) machte bekanntlich seine Versuche am Menschen; jeder der Versuche währte nur einige Minuten, welche zur Füllung des Exspirators nöthig waren. Er fand bei zunehmender Wärme der umgebenden Luft, zwischen + 3 und 24° C., eine Abnahme in der Grösse und Zahl der Athembewegungen und eine geringere Kohlensäureausscheidung; die letztere verhielt sich im Mittel bei 19° zu der bei 8° wie 100 : 116. Man könnte vielleicht meinen, dass diese Versuche in zu grossen Zeitabschnitten, zu verschiedenen Tageszeiten, bei ungleicher Ernährung etc. angestellt wurden, und dass es sehr schwer ist, aus der in einigen Minuten ausgeathmeten

1) Mémoires de Société d'Arcueil T. II.

2) Delamétherie, Journal de Physique, de Chimie, d'Histoire naturelle et des arts 1813 T. LXXVII p. 5; lu à l'Institut 11. Mai 1812.

3) Physiologie des Athmens 1845.

Luftmenge die während eines grösseren Zeitraumes gelieferte absolute Kohlensäuremenge zu bestimmen. Jedoch hat Vierordt, wie es scheint, alle diese Schwierigkeiten durch die grosse Zahl der Beobachtungen und die Uebung in der Füllung des Exspirators überwunden, da seine Resultate denen Lavoisier's und denen der meisten neueren Beobachter entsprechen.

Ganz ähnlich sprach sich Letéllier[1]) nach seinen Versuchen an Vögeln, Mäusen und Meerschweinchen aus. Er erhielt zwischen einer Temperatur der Luft von + 28 bis + 43° C. am wenigsten Kohlensäure, am meisten zwischen — 5 bis + 3° C.; bei 0° wurde doppelt so viel Kohlensäure ausgeschieden als bei 30°. Die Thiere kamen während 30 Minuten bis zu mehreren Stunden unter eine durch einen Aspirator ventilirte Glasglocke, welche entweder mit warmem Wasser oder mit Eis umgeben war; in 1 Stunde wurden 20—40 l Luft ausgesaugt und durch neue ersetzt, die Kohlensäure wurde durch Kali weggenommen.

Auch die Versuche von C. G. Lehmann[2]) ergaben das gleiche Resultat, nämlich bei trockener Luft eine Abnahme der Kohlensäure in höherer Temperatur. Die Thiere, Feldtauben, Zeisige und Kaninchen, athmeten während 3 Stunden ebenfalls in einem Raume, der durch erwärmtes Wasser oder Eis auf verschiedene Temperaturen gebracht war. Die eintretende Luft war von Wasser und Kohlensäure befreit; in der durch einen Aspirator abgesaugten Luft wurde das vom Thiere abgegebene Wasser und die Kohlensäure ermittelt. In 1 Stunde wurden im Mittel an Kohlensäure ausgeschieden:

		in trockener Luft	in feuchter Luft
von einer Feldtaube bei	+ 1°	= 0,1808	—
	+ 22	= 0,1048	0,1168
	+ 37	= 0,0775	0,1235
von einem Zeisig bei	+ 1°	= 0,0811	—
	+ 17	= 0,0602	0,072
	+ 37	= 0,0359	0,078
von einem Kaninchen bei	+ 12°	= 1,2304	—
	+ 37	= 0,9159	1,374

1) Annal. de Chim. et de Physique 1845, 3. Sér. T. XIII p. 478.
2) Abhandlungen bei Begründung der k. sächs. Ges. d. Wiss. 1846 S. 463.

Auffallender Weise war das Resultat beim Athmen in feuchter Luft ein anderes, indem in ihr bei höherer Temperatur mehr Kohlensäure erschien, wahrscheinlich in Folge der häufigeren Athembewegungen oder der Erwärmung des Körpers in der feuchten warmen Luft, an welche keine Wärme durch Wasserverdunstung mehr abgegeben werden konnte.

Barral[1]) glaubte auf indirectem Wege durch die Bestimmung des Kohlenstoffgehaltes der vom Menschen aufgenommenen Nahrung auf einen grösseren Verbrauch in der Kälte schliessen zu dürfen. Nach einer Beobachtungsreihe von 5 Tagen sollen in 24 Stunden im Winter bei — 0,5° C. 1231 g Kohlensäure durch die Respiration entfernt werden, im Sommer bei 20,2° nur 888 g, also um 28% weniger. Die Bestimmungen Barral's sind jedoch nicht genau genug, um einen solchen Schluss zu begründen; ich erinnere nur an das von ihm behauptete Stickstoffdeficit im Harn und Koth von über 50%. Unsere Esslust ist durchaus nicht immer ein Maassstab für das Bedürfniss, da der Ueberschuss im Körper zersetzt oder abgelagert werden kann.

Regnault und Reiset[2]) sind bei ihren berühmten Untersuchungen über die Respiration der Thiere auf die Frage nach dem Einflusse der Temperatur nur wenig eingegangen. Die ganze Anordnung war auch der Art, dass ein Entscheid hierüber nicht erfolgen konnte. Im Versuch 1 und 8 wurde das gleiche Huhn angewendet; in die Glocke wird dem Thiere Futter mitgegeben, von dem es unbestimmte Mengen verzehrt, beim ersten Versuche legt es sogar ein Ei, welches es mit der Schale auffrisst. Da im ersten Versuche bei einer Temperatur von 16° C. in 1 Stunde 2,28 g Sauerstoff aufgenommen wurden und im achten bei 0° C. 2,65 g, so halten sie dies für eine Bestätigung der Thatsache, dass bei niederer Temperatur der Umgebung die Respiration kräftiger wird oder mehr Sauerstoff verbraucht wird; dieser Schluss ist aber nach den obigen Angaben nicht gerechtfertigt. Sie brachten ferner einen Hund in den Versuchen 7 und 12 in den Athemraum, nachdem er vorher beliebige Mengen Fleisch und Brod verzehrt hatte. Im Versuch 7 bei einer

1) Annal. de Chim. et de Physique 1849, 3. Sér. T. XXV p. 129.
2) Annalen der Chem. u. Pharm. 1850 Bd. LXXIII S. 260.

Temperatur von 15° C. und einem stündlichen Sauerstoffconsum von 9,16g athmete das Thier nach Verlauf von 10 Stunden schwer, bemühte sich sehr aus dem Apparate heraus zu kommen und befand sich fast im Todeskampfe, als man es herauszog; auch im Versuch 12, bei einer Temperatur von 0° und einem Sauerstoffverbrauch von 8,06g, war der Hund zuletzt etwas beengt. Hier wird die grössere Sauerstoffaufnahme in der höheren Temperatur auf die starke Bewegung des Thieres zurückgeführt, woraus wenigstens ersichtlich ist, dass die Muskelarbeit den Einfluss einer Temperaturschwankung von 16° übercompensirt.

Von E. Smith[1]) wurde berichtet, dass bei einer plötzlichen Erhöhung der Temperatur um 15° C. die vom Menschen gelieferte Kohlensäuremenge sinkt. Seine Angaben über die Verschiedenheiten der Kohlensäureausscheidung im Winter und Sommer werde ich später noch mittheilen.

Es folgen nun die neueren, mit besseren Hilfsmitteln und grösserer Erfahrung angestellten Versuche über unser Thema.

In dem physiologischen Laboratorium zu Leipzig hat Sanders-Ezn[2]) eine Untersuchung über den respiratorischen Gasaustausch bei grossen Temperaturänderungen (von 1 und 44° C.) an Kaninchen angestellt, wobei sich, im Gegensatze zu den bisher aufgeführten Versuchen an Warmblütern, schliesslich auch die Wärmehöhe des Organismus änderte. Im Mittel gaben alle Beobachtungen über 38° weniger Kohlensäure und Sauerstoff als alle unter 8°, in Uebereinstimmung mit den früheren Arbeiten. Wenn dagegen das Thier längere Zeit in der warmen oder kalten Luft verblieb, so änderte sich die Temperatur seines Körpers und es nahm bei Erwärmung desselben die Menge der Kohlensäure und des Sauerstoffs zu, bei Abkühlung des Körpers sank die Kohlensäureausscheidung sehr tief, aber der Sauerstoffverbrauch stieg nach anfänglicher Abnahme bei starker Abkühlung des Thieres sehr bedeutend an. Das Verhalten war also im letzten Falle wenigstens für die Kohlensäure ganz analog dem der Kaltblüter. Es bleibt jedoch ungewiss, ob das Thier bei der Erwärmung schliesslich absolut mehr Kohlensäure abgiebt wie

1) Philos. Transact. 1859 p. 681.

2) Berichte d. k. sächs. Ges. d. Wiss., math.-physik. Cl. 1867 S. 58.

normal. Bei plötzlicher Aenderung der Temperatur der Umgebung wird beim Uebergang zu einer niederen Temperatur die Quantität der Kohlensäure und des Sauerstoffs grösser, und nimmt beim Uebergang zu einer hohen Temperatur ab.

Diese Versuche haben jedenfalls das Verdienst, zuerst darauf aufmerksam gemacht zu haben, dass bei Warmblütern ein Unterschied im Erfolge besteht, je nachdem die Eigenwärme des Thieres, bei der Einwirkung verschiedener Temperaturen der umgebenden Luft, sich gleich bleibt oder sich ändert. Wenn auch, wie Pflüger bemerkt hat, dem Apparate, namentlich in Folge des Ueberdruckes im Innern der Schnauzenkappe und des Rissigwerdens des verklebenden Fettes beim Abkühlen, durch Undichtigkeit Mängel anhaften, welche die quantitativen Angaben durch Erhöhung der Sauerstoffwerthe und Erniedrigung der Kohlensäurewerthe störend beeinflussen, so war er doch geeignet, gewisse Qualitäten in den Veränderungen der Kohlensäure richtig zu ermitteln.

Speck[1]) untersuchte an sich selbst mit einem Apparate, der ihm erlaubte die durch die Lungen ausgeathmete Luft durch Ventile von der eingeathmeten zu trennen und während 3—12 Minuten aufzufangen, die Quantität der Kohlensäure und des Sauerstoffs bei Einwirkung der Kälte. Er fand, wenn er sich unmittelbar vor dem Versuche entkleidete und während des Versuchs bei einer Temperatur von 19° nackt blieb, eine von der normalen nicht abweichende Kohlensäureausscheidung von 0,624 g in 1 Minute; als er sich aber entkleidet bis unter die Kniee in Wasser von 16° stellte, ergaben sich 0,698 g Kohlensäure, endlich beim Abwaschen des Körpers mit dem kalten Wasser 0,742 g, zugleich mit einem grösseren Volumen der geathmeten Luft; die Erhöhung in der Kälte betrug 12 und 19 %. Die Sauerstoffzahlen an den 3 Tagen sind: 0,499, 0,623 und 0,598 g. Diese Resultate ergeben sich, wenn man die an drei verschiedenen Tagen erhaltenen Zahlen mit einander vergleicht; es ist zu bemerken, dass bei normalem Athmen ohne Kältewirkung ähnliche Schwankungen vorkommen, für die Kohlensäure von 0,535—0,717 g, für den Sauerstoff von 0,461—0,601 g. Ausserdem könnte die vermehrte Aus-

1) Schriften d. Ges. zur Beförderung der ges. Naturwissenschaften zu Marburg 1871 Bd. X.

scheidung in der Kälte bei der Kürze des Versuchs durch eine stärkere Ventilation der Lunge und des Körpers hervorgerufen sein.

In mehreren höchst bemerkenswerthen Arbeiten hat sich weiterhin Liebermeister[1]) für eine grössere Kohlensäureproduction unter dem Einflusse der Kälte beim Menschen bestimmtest ausgesprochen. Liebermeister sowie Kernig hatten aus den Beobachtungen der Körpertemperatur erschlossen, dass die Wärmeproduction sich nach der Wärmeabgabe richte und in der Kälte demnach mehr zersetzt werde. Liebermeister suchte nun diese Folgerung durch Bestimmung der Kohlensäureexhalation zu bekräftigen. Er brachte einen Menschen unter sonst gleichen Verhältnissen bei einer Lufttemperatur von 18—22° in seinen bekannten Respirationsapparat, in welchem derselbe in alternirenden, je ½stündigen Versuchen, entweder in eine Decke eingehüllt oder entblösst und mit einem in Eiswasser getauchten Schwamme sich benetzend, verweilte. Zur Zeit der Entblössung und Abwaschung fand eine wesentliche Vermehrung der Kohlensäureausscheidung statt, nämlich um 54%. Bei einfacher Entblössung ergab sich schon bei Gildemeister eine Vermehrung der Kohlensäure, wenn die äussere Temperatur nicht mehr als 23° betrug. Auch kalte Bäder zeigten den gleichen Erfolg; die Quantität der erhaltenen Kohlensäure wuchs mit der Abnahme der Temperatur, zuletzt um das Dreifache, und bis zu einer gewissen Grenze mit der Versuchszeit. Unmittelbar nach dem Bade bleibt die Kohlensäureausscheidung noch für einige Zeit erhöht, sogar in höherem Grade als während des Bades; später sinkt dieselbe und zwar unter die Norm, wie schon früher L. Schröder[2]) mit Hilfe der für diese Zwecke nicht ganz genügenden Lossen'schen Vorrichtung für Typhuskranke eruirt hatte.

Bei Gelegenheit seiner zahlreichen Untersuchungen über das Fieber kam Senator[3]) auch auf die Einwirkung der Wärmeentziehung auf die Kohlensäureausscheidung zu sprechen, und stellte auch einige Versuche hierüber an. Ein Hund A. von 5383 g Ge-

1) Deutsch. Archiv f. klin. Medic. 1872 Bd. X S. 89 u. S. 420.

2) Deutsch. Archiv f. klin. Medic. 1869 Bd. VI S. 385.

3) Arch. f. Anat. u. Physiol. 1872 S. 20 u. 47; 1874 S. 42 u. 54. — Centralblatt f. d. medic. Wiss. 1871 Nr. 47 u. 48.

wicht schied nüchtern in 1 Stunde im Mittel aus 5 Versuchen 3,455g Kohlensäure aus, bei Wärmeentziehung dagegen im Mittel aus 5 Versuchen 3,842g. Ein zweiter Hund C. von 7150g Gewicht lieferte im ersteren Falle (3 Versuche) 3,154g, im letzteren (2 Versuche) 3,532g Kohlensäure. Senator[1]) leugnet nicht die Vermehrung der Kohlensäureausscheidung bei der Abkühlung; er that sie bei kurzer Versuchsdauer (von ½—1 Stunde), also im Beginne einer mässigen Wärmeentziehung, selbst dar; nur hält er sie für unbedeutend (12%). Er erklärt dieselbe ausserdem auf andere Weise als die meisten übrigen Autoren; wenn er auch zugiebt, dass die Vermehrung zum Theil auf einer vermehrten Bildung von Kohlensäure in der Kälte durch gesteigerten Umsatz beruht, so macht er doch vorzüglich auf die ausgiebigere Ventilation des Körpers durch die zahlreicheren und tieferen Athemzüge in der Kälte und auf die dadurch gesteigerte Kreislaufsgeschwindigkeit in den unter der Haut liegenden Schichten, vorzüglich in den an Kohlensäure so reichen Muskeln aufmerksam. Bei dauernder Wärmeentziehung (von 3 Stunden) findet er dagegen ein Sinken der Kohlensäuremenge; ein Hund F. von 6047g Gewicht lieferte dabei in 1 Stunde nur 3,13g Kohlensäure, während er sonst ohne Wärmeentziehung 3,6—4,0g ausgehaucht hatte.

In dem Bonner physiologischen Laboratorium untersuchten Röhrig uud Zuntz[2]) an Kaninchen, welche durch eine Trachealcanüle athmeten, den Gaswechsel während 15 Minuten vor und nach dem Eintauchen in kaltes oder warmes Wasser. Sie fanden dabei in vier hier in Berücksichtigung kommenden Versuchen im kalten Bade eine Zunahme der Kohlensäureabgabe und in den meisten Fällen auch eine solche der Sauerstoffaufnahme, jedoch ist die Verhältnisszahl der beiden ziemlich unregelmässig. Im warmen Bade wurde im Allgemeinen eine Abnahme des Gaswechsels beobachtet. In den über diese Versuche zwischen Senator, Pflüger und Zuntz enstandenen Streit gehe ich, als für meine Zwecke von untergeordneter Bedeutung, nicht ein.

1) Arch. f. Anat. u. Physiol. 1872 S. 40—44 u. 52—53; Arch. f. path. Anat. 1869 Bd. XLV S. 366 u. 1870 Bd. L S. 362 u. 368.

2) Arch. f. d. ges. Physiol. 1871 Bd. IV S. 57.

Beim Menschen hat auch L. Lehmann[1]) unter dem Einflusse kalter Bäder eine Zunahme in der Menge der Kohlensäure auftreten sehen. Er fing die Ausathemluft in einem 29 l fassenden Gasometer auf, der mit Kochsalzlösung abgesperrt war; die Versuchsdauer betrug 2 Minuten. Lehmann beobachtete diese Vermehrung aber nicht nur nach kalten Sitzbädern von + 6°, sondern auch nach warmen Bädern von + 35°, und erklärte sie nicht durch eine gesteigerte Verbrennung, sondern durch vergrösserten Blutdruck und innigere Mengung der Athemgase durch die tieferen Athemzüge.

H. Erler[2]) prüfte die Einwirkung niederer und höherer Temperaturen an Kaninchen. Die Thiere athmeten während 10 Minuten mittelst einer Schnauzenkappe durch Müller'sche Ventile; die Kohlensäure der Exspirationsluft wurde in Kalilauge aufgefangen. In der Kälte fand er anfangs ein unerhebliches Ansteigen, dann beim Sinken der Eigentemperatur des Thieres einen beträchtlichen Abfall der Kohlensäure und zwar bei einer Temperatur des Thieres, bei welcher Röhrig und Zuntz eine Erhöhung jener Ausscheidung angaben. In warmer Luft trat bei geringer Steigerung der Körpertemperatur eine Zunahme, später bei weiterer Steigerung der Körpertemperatur (von 39,5° an) eine Abnahme der Kohlensäure ein.

Endlich sah Litten[3]) bei hungernden Meerschweinchen, welche sich vorher schon 6—8 Stunden im ventilirten Kasten bei einer Temperatur von 36—37° befanden und nahezu das Maximum ihrer Eigenwärme angenommen hatten, durch eingreifende Veränderungen in dem Organismus unter Dyspnoe, häufigen und oberflächlichen Athemzügen und Verfettung, eine erhebliche Verminderung der Kohlensäure[4]).

Aus den bis jetzt angeführten Versuchen an Warmblütern geht als Resultat mit grosser Wahrscheinlichkeit hervor, dass die Warm-

1) Arch. f. path. Anat. 1873 Bd. LVIII S. 92.

2) Arch. f. Anat. u. Physiol. 1876 S. 557. — Ueber das Verhältniss der Kohlensäureabgabe zum Wechsel der Körperwärme, Königsberg; diss. inaug. 1875.

3) Arch. f. path. Anat. 1877 Bd. LXX S. 10.

4) Auf Sanson's Angaben (Robin, Journ. de l'anat. et de la physiol. 1876 p. 166 u. 235) über die Kohlensäureausscheidung bei Pferden und Rindern, die er während 2 Minuten unter verschiedenen Bedingungen bestimmte, brauche ich wohl nicht einzugehen.

blüter, so lange sie ihre normale Eigentemperatur erhalten, in der Kälte mehr, in der Wärme weniger Kohlensäure liefern; dass sie aber bei Aenderung ihrer Körpertemperatur sich wie die Kaltblüter verhalten, also bei Abkühlung eine geringere, bei Erwärmung anfangs eine grössere, zuletzt aber vor dem Tode wieder eine kleinere Menge von Kohlensäure produciren. Der Unterschied der Wirkung der Wärme bei den Warmblütern mit beständiger Wärme und den kaltblütigen Thieren mit einer von der Temperatur der Umgebung abhängigen Eigenwärme ist zuerst von Delaroche gefunden und weiterhin von Moleschott hervorgehoben worden. —

Pflüger[1]) hat nun im Jahre 1876 in einer vorläufigen Mittheilung die Resultate seiner Versuche über Temperatur und Stoffwechsel der Säugethiere, bei welchen künstlich regelmässig respirirt wurde, zusammengefasst. Bei Aufhebung der Einwirkung von Gehirn und Rückenmark ist darnach der Stoffwechsel um so grösser, je höher die durch Bäder regulirte Temperatur des Thieres ist (zwischen 20—43° C. im Rectum). Bei unversehrtem Nervensystem kömmt zu der Wirkung der Temperatur im Innern des Körpers die des centralen Nervensystems hinzu, so dass in kühler Luft der Stoffwechsel energischer ist. Nimmt aber der Körper des Kaninchens eine höhere (39,8—42,0°) oder eine niedere (20—30°) Temperatur an, so ist die Temperaturwirkung grösser als die des Nervensystems und es findet eine Erhöhung des Stoffwechsels bei höheren, eine Erniedrigung bei niederen Temperaturen statt.

Die Belege zu diesen Schlussfolgerungen liegen bis jetzt noch nicht vor. Es hat aber Dr. G. Colasanti[2]) aus Pflüger's Laboratorium Versuche mitgetheilt, bei welchen der Stoffwechsel von Warmblütern (Meerschweinchen) mit unversehrtem Nervensystem bei gewöhnlicher Zimmertemperatur mit dem bei abgekühltem Athemraum verglichen worden ist; am Morgen eines Tages wurde an demselben Thiere der Einfluss der hohen Temperatur, am Nachmittag der der niederen untersucht. Dabei sollte die Temperatur des Thieres am Ende des Versuchs noch annähernd die gleiche sein wie bei Beginn desselben. Da den Versuchen von Röhrig

1) Arch. f. d. ges. Physiol. 1876 Bd. XII S. 282 u. S. 333.
2) Arch. f. d. ges. Physiol. 1876 Bd. XIV S. 92.

und Zuntz entgegengehalten werden konnte, dass sie nicht lange genug währten und der Einfluss der Temperatur daher möglicher Weise nur in den ersten Zeiten stattfinde, so wurden die Thiere diesmal mehrere Stunden vorher im Eisraume gehalten und der Versuch 3—5 Stunden fortgesetzt. Es stellte sich in 20 Versuchen heraus, dass bei hoher Temperatur der umgebenden Luft (18,8°) weniger Kohlensäure geliefert und weniger Sauerstoff verbraucht wird als bei niederer Temperatur (7,4°). Diese Steigerung in der Kälte findet nicht nur in den ersten Zeiten statt, sie ist vielmehr eine dauernde. 1 kg Thier producirte im Mittel in 1 Stunde bei gewöhnlicher Temperatur 1,896 g Kohlensäure und consumirte 1,612 g Sauerstoff; in der Kälte war dagegen die Quantität der Kohlensäure um etwa 40%, die des Sauerstoffs um etwa 38% höher. Colasanti berechnet, dass wenn mit abnehmender Temperatur der umgebenden Luft der Zuwachs gleichmässig ist, ein Sinken der Temperatur um 30,2° C. eine Verdoppelung des Stoffwechsels erzeugen müsste. Das Verhältniss des in der ausgeathmeten Kohlensäure enthaltenen Sauerstoffs zu dem gleichzeitig absorbirten Sauerstoff ist im Mittel in beiden Fällen 0,87. Trotz der Steigerung des Stoffwechsels in der Kälte sitzen die Meerschweinchen ganz ruhig da wie sonst auch, und ist nichts Auffallendes an ihnen zu bemerken.

Durch die früheren Versuche war nicht völlig sicher gestellt, ob auch bei längerer Dauer der Kältewirkung ohne stärkere Herabsetzung der Eigentemperatur des Organismus der Gasaustausch erhöht ist, und es war das Verhalten des Sauerstoffs noch nicht genügend untersucht, da man einwenden konnte, dass bei der kurzen Dauer der meisten Versuche die Kohlensäure-Exhalation kein Maass für die Kohlensäurebildung ist. Die Untersuchung von Colasanti hat diese Zweifel beiseitiget; sie lassen jedoch nur die Verschiedenheiten des Gaswechsels bei der mittleren Temperatur von 18,8° C. und bei der niedrigeren von + 7,4° erkennen, der Einfluss einer noch geringeren, in unseren Breitegraden vorkommenden Temperatur und einer höheren, über 18,8° ansteigenden, blieb dadurch unerledigt.

Neuerdings hat nun Dittmar Finkler[1]), ebenfalls im physiologischen Institute zu Bonn, noch weitere Versuche an Meerschwein-

1) Arch. f. d. ges. Physiol. 1877 Bd. XV S. 603.

chen bei grösseren Temperaturdifferenzen der umgebenden Luft (bei 3,64° und 26,21°) angestellt; vor Anwendung niederer Temperatur wurden die Thiere abermals mehrere Stunden im Eiskasten gehalten. Die Versuche bei hoher Temperatur wurden Vormittags an gefütterten Thieren angestellt, die bei niederer Temperatur, welche keine wesentliche Aenderung der Eigenwärme des Thieres bedingte, Nachmittags an annähernd nüchternen. Die Zunahme der Kohlensäure bei Erniedrigung der Temperatur von 26,21° auf 3,64° betrug im Mittel 47%, die des Sauerstoffs 66%; der Quotient war im ersten Fall 0,94, im letzteren 0,83. Es ist also auch bei grossen Differenzen der umgebenden Temperatur noch die Regulation durch Anpassung der Wärmeproduction vorhanden.

Finkler verglich auch die Kohlensäureabgabe und Sauerstoffaufnahme bei seinen im Winter untersuchten Meerschweinchen mit der der Thiere von Colasanti, dessen Versuche in die Sommermonate fielen, bei der nämlichen Temperatur von 18°, und schloss, da die ersteren einen um 23% erhöhten Gaswechsel zeigten, dass durch die anhaltende Einwirkung der Winterkälte im Organismus im Winter ständig mehr zersetzt und deshalb mehr Futter verzehrt werde.

2. Betrachtung der Versuche an der Katze.

Ich hatte im December 1874, nachdem ich im Laufe meiner Arbeiten über die Ursachen der Zersetzungen im Thierkörper öfters auf den Einfluss der Temperatur geführt worden war, aber stets aus Mangel an Zeit auf eine Prüfung hatte verzichten müssen[1]), die im Vorstehenden mitgetheilten Untersuchungen Sr. kgl. Hoheit des Herrn Herzogs Carl Theodor veranlasst, welche im Juni 1875 mit ganz bestimmten Resultaten ihren Abschluss fanden. In der weiteren Verfolgung der Aufgabe, namentlich durch Versuche am Menschen, begriffen, kamen die vorläufigen Mittheilungen Pflüger's und später die Untersuchungen Colasanti's und Finkler's. Ich habe es aber doch nicht für überflüssig erachtet, unsere Versuche zu veröffentlichen, da die an der Katze bei den verschiedensten Temperaturen (von — 5,5° bis + 30,8°) gemacht worden sind und da

1) Diese Zeitschrift 1871 Bd. VII S. 229.

es wichtig schien zu wissen, wie sich bei grösseren Organismen, vor allem beim Menschen, die Verhältnisse gestalten.

Bei allen hier mitgetheilten experimentellen Untersuchungen hat mich mein früherer Assistent, Dr. J. Forster, auf das Wirksamste unterstützt, was ich anerkennend hervorhebe.

Ich habe schon bei mehreren Gelegenheiten meine Meinung über den Einfluss der Kälte auf den Stoffverbrauch geäussert. Man hatte früher allgemein eine Verstärkung der Zersetzung dabei angenommen und auch zum Theil durch den Versuch constatirt, und sich das Resultat meist durch die grössere Dichtigkeit der kalten Luft oder die verstärkten Athembewegungen und den dadurch veranlassten grösseren Sauerstoffconsum erklärt.

Ich habe öfter darauf hingewiesen, dass diese Erklärung für die reichlichere Zersetzung in der Kälte nicht richtig sein kann.

Da ich nämlich allmählich durch meine Untersuchungen zu der Ueberzeugung geführt worden bin, dass die Grösse der Sauerstoffaufnahme in die Lunge durchaus nicht die Intensität der Verbrennung im Körper bestimmt und regulirt, so konnte auch nicht der Mehrgehalt der kalten Luft an Sauerstoff oder die reichlichere Zufuhr desselben durch einen veränderten Athemrhythmus eine Vermehrung der Zersetzung in der Kälte bedingen. Ich habe daher gesagt[1]), dass wenn wirklich in der Kälte ohne reichlichere Nahrungszufuhr auf die Dauer mehr Sauerstoff eintreten sollte als in der Wärme, dies nicht durch eine Aenderung des Athemrhythmus, sondern nur durch eine Aenderung des Zerfalls in den Geweben ähnlich wie bei körperlicher Anstrengung stattfinden könne.

Ich zweifelte sogar an einer erheblich grösseren Zersetzung in der Kälte, wenn man andere Bedingungen, welche auf den Zerfall von Einfluss sind, wie z. B. Muskelbewegungen, verhütet, da ich damals keinen Grund für einen reichlicheren Stoffzerfall in der Kälte erkennen konnte. Es hatten mich dazu auch die in meinem Laboratorium von Leichtenstern[2]) an Kaninchen über die Zahl, die

1) Diese Zeitschrift 1870 Bd. VI S. 389; 1871 Bd. VII S. 299; 1872 Bd. VIII S. 383.

2) Sitz.-Ber. d. k. b. Akad. d. Wiss., math.-physical. Cl. 1871 S. 195. — Diese Zeitschrift 1871 Bd. VII S. 197.

Tiefe und das Volum der Athemzüge bei Einwirkung von Kälte und Wärme angestellten Versuche bestimmt. Es hatte sich dabei in beiden Fällen die gleiche Wirkung, nämlich anfangs eine Zunahme des Athemvolums, später aber eine Abnahme desselben ergeben, wonach uns eine ausgiebige Regulation der Wärme durch eine Aenderung in der Zersetzung unwahrscheinlich schien.

Es lag damals der Gedanke nahe, dass in der Kälte unter sonst gleichen Umständen nicht mehr zerstört wird, wohl aber wenn dabei andere die Zersetzung bestimmende Momente secundär in Wirksamkeit kommen, wie z. B. eine reichlichere Aufnahme von Speise oder stärkere körperliche Bewegung, welche mehr Sauerstoff verzehrende Zersetzungsproducte liefern.

Bei dem Hauptversuche, dem von Lavoisier, war zwar ein solcher Einfluss vermieden, da der Mensch im nüchternen Zustande und in möglichster Ruhe sich befand; jedoch ist ein Einblick in den Gang dieser Untersuchung nicht mehr möglich, und ist ferner nur die Wirkung des Uebergangs von mittlerer Temperatur zu einer höheren geprüft worden. Bei den meisten übrigen Versuchen war jedoch in der Kälte eine stärkere Muskelbewegung mit ihrem sehr bedeutenden Einflusse auf die Zersetzung nicht ausgeschlossen, z. B. bei denen von Lehmann, Letellier etc. Es ist ferner nicht wohl denkbar, dass die Kaninchen von Röhrig und Zuntz beim Eintauchen in kaltes Wasser gar keine sträubenden Bewegungen gemacht haben. Sanders-Ezn berichtet bei Mittheilung seiner Resultate sechsmal von Bewegungen der Kaninchen. Bei den Versuchen von Bauer und Böck[1]) über die Wirkung des Morphiums auf den Gasaustausch zeigte sich deutlichst der Einfluss der Bewegung, indem im ersten Stadium, in welchem vorübergehend Krämpfe auftraten, ein vermehrter, im zweiten Stadium bei Ruhe des Thieres ein verminderter Austausch stattfand. Manche der früheren Versuche währten ausserdem zu kurze Zeit, so dass eine nur momentane Kohlensäuresteigerung durch eine ausgiebigere Ventilation stattfinden konnte.

So schien mir die Frage zu stehen, als ich mich im Winter 1874 mit dem Herrn Herzog Carl Theodor experimentell mit

1) Diese Zeitschrift 1874 Bd. X S. 336.

dem Einflusse der Temperatur der umgebenden Luft auf den Gaswechsel zu beschäftigen anfing, vorzüglich um einen Einblick in die Ernährungsverhältnisse in kalten und warmen Klimaten zu gewinnen.

Ich war daher über das Resultat der Versuche an der Katze überrascht. Dasselbe ist das nämliche, welches die meisten Beobachter, zuletzt Colasanti und Finkler an Meerschweinchen, erhalten haben. Der Erstere arbeitete bei einer Schwankung der Temperatur von der normalen von + 18,8° herab bis zu + 7,4°, der Letztere verglich den Gaswechsel bei einer Temperatur von + 3,64° und 26,21°, während wir bei unserer Katze von der normalen Temperatur aus nach auf- und abwärts zu den Extremen vorgingen. Nach Colasanti's Rechnung müsste bei gleichmässigem Ansteigen des Zuwachses mit der abnehmenden Temperatur ein Sinken der letzteren um 30,2° eine Verdoppelung der Kohlensäuremenge bedingen, was bei der Katze annähernd der Fall war.

3. Versuche am Menschen bei Kälte und Wärme mit Ausschluss der willkürlichen Bewegungen.

Ich war anfangs geneigt, da bei den Versuchen an der Katze der Einfluss einer grösseren Nahrungsaufnahme oder einer vorübergehenden stärkeren Ventilation des Körpers sicher ausgeschlossen war, die Wirkung der Kälte auf die dabei stattfindenden willkürlichen Bewegungen zurückzuführen. Wir wissen, dass wir uns in der Kälte entweder zusammenkauern, um möglichst wenig Wärme abzugeben, oder uns Bewegung machen, theils um dadurch mehr Wärme zu erzeugen, theils um die erstarrten Glieder durch reichlicheren Blutzufluss wieder zu erwärmen. Es sind auch an manchen Tagen stärkere Bewegungen der Katze bemerkt worden. Da dieselben jedoch nicht auf die kältesten Tage treffen, so erschien es mir bald unwahrscheinlich, dass mit der Zunahme der Kälte eine ganz entsprechende Zunahme der willkürlichen Muskelthätigkeit stattfinde. Ehe man aber nach anderen Gründen für die Vermehrung der Kohlensäureausscheidung in der Kälte suchte, musste der Einfluss der Körperbewegung ausser Spiel gebracht sein. Es

blieb daher nichts anderes übrig, als die gleichen Versuche am Menschen mit dem grossen Pettenkofer'schen Respirationsapparate zu wiederholen und den Menschen darin so ruhig als möglich in einem Lehnstuhle sitzen zu lassen.

Ein kräftiger, zuverlässiger Mann von 71 kg Gewicht, Diener im physiologischen Institute, welcher ganz regelmässig lebt, bekam Abends 7 Uhr vor dem Versuchstage ein Essen, aus einer Portion Kalbsbraten, einem Stück Brod und einem Liter Bier bestehend. Er nahm sodann bis zum kommenden Tag nichts mehr zu sich und trat in nüchternem Zustande Vormittags gegen 11 Uhr in den Kasten des Respirationsapparates, woselbst er bei verschiedener Temperatur genau 6 Stunden lang verweilte. Die Versuche bei Kälte wurden an kalten Wintertagen im ungeheizten Zimmer, dessen Fenster vorher geöffnet worden waren, vorgenommen; die höhere Temperatur wurde durch starkes Heizen erreicht. Der Mann befand sich, bevor er in den Kasten kam, schon längere Zeit in der betreffenden Temperatur. Vor Beginn des Versuchs wurde die Harnblase entleert und ebenso gleich nach Abschluss des Versuchs, um die Stickstoffausscheidung durch den Harn zu controliren. Die Bestimmung der Gewichtsabnahme geschah mittelst einer Decimalwage, welche bei einer Belastung von 70 kg bei Auflegen von 1 g noch einen deutlichen Ausschlag giebt.

Die Resultate für 6 Versuchsstunden waren folgende:

Datum 1876	Gewichtsabnahme in g	Gesammte Luftmenge in l	Kohlensäure pro mille		Harnmenge	Harn-Stickstoff	Temperatur im Kasten in °C.
			einström. Luft	abström. Luft			
27. Januar	190	98505,0	1,3101	2,9171	272	4,00	16,2
31. „	180	83807,2	1,2416	3,5322	325	4,20	9,0
3. Februar	170	191754,7	0,9013	1,9756	360	4,05	6,5
7. „	310	114293,5	0,8651	2,3072	253	3,40	23,7
10. „	200	190786,4	0,6643	1,7699	307	4,23	4,4
14. „	360	112271,8	0,8510	2,3345	342	3,34	24,2
17. „	330	114367,0	0,5985	1,9972	234	3,97	26,7
21. „	480	114851,3	0,8080	2,2938	—	—	30,0
24. „	190	108471,9	0,6305	2,0607	255	3,81	14,3

Ordnet man die Versuche nach der Temperatur der umgebenden Luft, so erhält man:

Datum 1876	Kohlensäure in g	Temperatur in ° C.	Stickstoff im Harn
1. 10. Februar . .	210,7	4,4	4,23
2. 3. „ . .	206,0	6,5	4,05
3. 31. Januar . .	192,0	9,0	4,20
4. 24. Februar . .	155,1	14,3	3,81
5. 27. Januar . .	158,3	16,2	4,00
6. 7. Februar . .	164,8	23,7	3,40
7. 14. „ . .	166,5	24,2	3,34
8. 17. „ . .	160,0	26,7	3,97
9. 21. „ . .	170,6	30,0	—

Die Ergebnisse sind beim Menschen etwas andere als bei der Katze. Das Hauptresultat, die Zunahme der Ausscheidung der Kohlensäure in der Kälte gegenüber der bei gewöhnlicher Temperatur von 14—15° C. tritt auch beim Menschen deutlichst hervor; die Vermehrung beträgt 36% bei einer Temperaturabnahme um 9,9° C. Dagegen tritt bei einer Steigerung der Temperatur über die gewöhnliche nicht eine allmähliche Abnahme, sondern ebenfalls eine, wenn auch ganz geringe Zunahme in der Kohlensäuremenge ein, und zwar um etwa 10% bei einer Temperaturdifferenz von 15,7° C.

Die Zunahme in der Kälte ist viel geringfügiger als die bei starker Muskelbewegung, wo es sich um eine Steigerung der Ausscheidung um mehr als das Doppelte der normalen bei Ruhe handelt.

Lavoisier beobachtete noch eine ungleich geringere Wirkung (11%), da er, wenn man von der mittleren Zimmertemperatur ausgeht, nicht den Einfluss der Kälte, sondern nur den höherer Wärmegrade untersuchte; die Muskelarbeit bedingte dagegen nach ihm ebenfalls einen mehr als doppelt so grossen Verbrauch an Sauerstoff als die Ruhe.

Hier kann es nun keinem Zweifel mehr unterworfen sein, dass es nicht die willkürlichen Bewegungen sind, welche die Kohlensäuresteigerung hervorrufen, denn der Mann verhielt sich stets so ruhig als nur möglich; es muss aber bemerkt werden, dass er am Ende der ersten Kälteversuche, namentlich an dem vom 10. Februar, stark fror und vor Frost zitterte. Auch bei Colasanti's Beobachtungen waren die Körperbewegungen eliminirt, wenigstens er-

wähnt er ausdrücklich, dass seine Meerschweinchen während des Versuches in der Kälte ganz ruhig da sassen.

4. Bedingen ausgiebigere Athembewegungen durch grössere Sauerstoffzufuhr eine erhöhte Verbrennung im Körper und ist der Sauerstoff die nächste Ursache des Stoffzerfalls?

Nachdem somit dargethan ist, dass vermehrte willkürliche Bewegung die Wirkung der Kälte auf die Zersetzung nicht zu erklären vermag, ist es nothwendig, näher darauf einzugehen, warum die grössere Sauerstoffzufuhr durch Einathmen kalter dichterer Luft oder durch verstärkte Athembewegungen keine intensivere Verbrennung hervorzurufen vermag.

Gerade die thatsächlich eintretende Aenderung des Athemrhythmus in der Kälte und Wärme schien für einen solchen Einfluss zu sprechen, wiewohl sie auch als eine Folge einer reichlicheren Kohlensäurebildung oder auch einer reflectorischen Erregung des Athemcentrums von sensiblen Nerven aus hätte aufgefasst werden können.

Die Angabe von Röhrig und Zuntz, dass bei dem Eintauchen des Kaninchens in kaltes Wasser von 4^0 sich die Frequenz der Athemzüge nicht änderte, ist nur dann verständlich, wenn die Widerstände, die dem Athmen durch die Ventile entgegenstehen, verhältnissmässig gross sind. Es muss ferner dabei nicht nur die Zahl der Athemzüge, sondern auch ihre Tiefe berücksichtiget werden. Dies ist namentlich von Leichtenstern bei seinen schon vorher erwähnten Versuchen über das Volumen der ausgeathmeten Luft geschehen. Momentan nach dem Versetzen des Thieres in die Kälte, also ehe ein Sinken der Körpertemperatur stattgefunden hat, nimmt die Zahl und die Tiefe der Athemzüge sehr zu, so dass ein ansehnlich grösseres Luftvolumen ein- und ausgeathmet wird; erst bei Abnahme der Eigenwärme des Thieres sinkt die Zahl der Athemzüge, jedoch wird wegen der grösseren Tiefe derselben noch längere Zeit mehr Luft geathmet als normal. In warmer Luft nimmt ebenfalls anfangs die Zahl und Tiefe der Athemzüge etwas zu; später bei Erwärmung des Körpers werden die Athemzüge äusserst häufig unter Verminderung ihrer Tiefe und der Athem-

grösse. Diese Angaben über die Aenderungen der Athemmechanik in der Kälte und Wärme stehen in Uebereinstimmung mit denen anderer Beobachter, welche aber meist nur die Athemfrequenz beachtet haben. Die Aenderungen sind nicht nur kurz vorübergehende, sondern dauernde.

Man hatte, wie vorher schon angegeben wurde, seit Lavoisier allgemein geglaubt, dass die Athembewegungen Regulatoren der Zersetzungen im Thierkörper sind, indem sie je nach ihrer Intensität mehr oder weniger des zerstörenden Sauerstoffs zuführen; es war namentlich durch Liebig's Lehren diese Auffassung der Rolle der Athemzüge und die Anschauung von der directen Verbrennung der stickstofffreien Stoffe durch den Sauerstoff, in Fleisch und Blut nicht nur des grossen Publicums, sondern auch der Physiologen übergegangen. Der Sauerstoff galt seitdem allgemein als die nächste Ursache der Zersetzung der stickstofffreien Stoffe, die Arbeit als die Ursache der Zersetzung des Eiweisses.

Nachdem durch meine Untersuchungen dargethan war, dass die Muskelarbeit nicht die Ursache des Eiweissverbrauchs ist, sondern dass letzterer sich vorzüglich nach der Masse der lebenden Zellen und dem ihnen zugeführten eiweisshaltigen Material richtet und somit die Ursachen für diesen Zerfall in den Zellen sich finden, blieb die Aufhellung der Ursachen der Zerstörung der stickstofffreien Substanzen den Untersuchungen des Gasaustausches bei gleichzeitiger Beobachtung der Grösse des Eiweisszerfalles vorbehalten.

Es lag allerdings recht nahe, auch für die Zerlegung der stickstofffreien Stoffe die Ursache in den Bedingungen der Zellen zu suchen, ja es hätte damals für einen weitblickenden Geist die schon von Lavoisier gemachte und von Regnault und Reiset bestätigte Beobachtung, dass in reinem Sauerstoff athmende Thiere nicht mehr Kohlensäure liefern und nicht mehr Sauerstoff verbrauchen als in atmosphärischer Luft, vollkommen genügt, um alsbald zu erkennen, dass der Sauerstoff nicht die nächste und alleinige Ursache der Oxydation der Stoffe im Organismus sein könne[1]).

---

1) Lavoisier scheint den Widerspruch dieser Thatsache mit seiner Er-

Ich gestehe, dass ich dies nicht gleich wahrnahm, sondern lange Zeit brauchte, um durch meine Versuche auf den richtigen Weg geführt zu werden. Ich war vielleicht mehr als irgend ein anderer Physiologe durch die Darstellungen Liebig's voreingenommen, weil ich ihm näher stand. Hätte ich nach meiner Bekanntschaft mit den Ursachen des Eiweisszerfalls diejenigen der Zersetzung der stickstofffreien Stoffe, ohne die Befangenheit in den Liebig'schen Vorstellungen, suchen dürfen, die ersten Respirationsversuche wären wohl anders eingerichtet worden und hätten gleich auf die richtige Bahn geführt. So aber musste ich durch die Gewalt der mit Liebig's Erklärung nicht übereinstimmenden Thatsachen aus meiner einmal eingenommenen Position verdrängt werden.

Pettenkofer und ich[1]) haben, nachdem wir erkannt hatten, dass unter Umständen der Stickstoff des verzehrten Eiweisses vollkommen im Harn und Koth sich findet, jedoch ein Theil des Kohlenstoffs desselben fehlt, die Idee ausgesprochen, dass im Körper das Eiweiss, zunächst ohne Einfluss des Sauerstoffs, in stickstoffhaltige und stickstofffreie Producte zerfällt, von welchen letzteren eines die Zusammensetzung des Fettes hat, das dann entweder durch den Sauerstoff weiter zerstört oder abgelagert wird. Als Liebig später in einer gegen mich gerichteten Abhandlung ebenfalls äusserte, dass es sich bei dem Zerfall des Albumins in Kohlensäure, Wasser und Harnstoff nicht um eine Verbrennung, sondern um Spaltungen handle, an denen der Sauerstoff einen bedingenden Antheil habe, ohne die Ursache derselben zu sein, habe ich betont, dass wir aus unseren Versuchen schon den gleichen Schluss gezogen haben.

Für die stickstofffreien Stoffe dagegen hielten wir noch längere Zeit den Sauerstoff als Ursache der Zersetzung fest, obwohl sich auch in unseren Schriften hie und da schon Aeusserungen finden, welche eine Ahnung des wahren Sachverhaltes zeigen; aber immer

klärung der Wirkung der kalten Luft durch ihre grössere Dichtigkeit gefühlt zu haben, denn er sagt in dem vorher erwähnten Briefe an Black, dass in reinem Sauerstoff der Verbrauch an diesem Gase dann nicht grösser wäre, wenn die Respiration dabei nicht beschleuniget sei.

1) Diese Zeitschrift 1867 Bd. III S. 433; 1869 Bd. V S. 169; 1870 Bd. VI S. 321.

treten wieder Stellen dazwischen, welche dem Sauerstoff für sich allein noch eine die Zersetzung bedingende Rolle zuschreiben. Wir sagen z. B., als wir den Grund des geringen Sauerstoffverbrauchs beim Diabetiker besprechen[1]), derselbe könne veranlasst sein durch eine Veränderung in der Zahl der Blutkörperchen oder ihrer Fähigkeit Sauerstoff zu binden oder in einer Aenderung des Gewebes überhaupt, in Folge deren dem Blute weniger Sauerstoff entzogen wird, also dann kein neuer zum Ersatz eintritt. Wir hielten ferner[2]) die Erklärung, dass das Fett als Respirationsmittel den Sauerstoff für sich in Beschlag nimmt und dadurch den Eiweissumsatz vermindert, für unrichtig, nachdem wir erkannt hatten, dass bei ausschliesslicher Zufuhr von Fett weniger Fett im Körper verbrannt und weniger Sauerstoff gebunden wird als beim Hunger. Ich erwähne diese Anfänge nur, um zu zeigen, dass eine allmähliche Entwicklung in unseren Vorstellungen liegt.

Im Jahre 1871 habe ich mich zum ersten Male über die Ursachen der Zersetzung der stickstofffreien Stoffe und den Antheil des Sauerstoffs daran vollkommen klar und correct ausgesprochen[3]). Ich liess von da an auch die Fette und Kohlehydrate durch Ursachen, welche in den Zellen sich finden und nicht durch den Sauerstoff in immer weniger zusammengesetze Verbindungen zerfallen, wobei allmählich mehr und mehr Sauerstoff eintritt. Es wurde aber gleich darauf hingewiesen, dass es bei der Verbrennung der meisten organischen Stoffe z. B. der Cellulose des Holzes nicht anders ist, da dabei auch nicht der Sauerstoff, sondern die Anzündungstemperatur die erste Ursache des Zerfalls ist. Kann nicht genügend Sauerstoff zutreten, so entstehen durch die Anzündungstemperatur Producte der unvollkommenen Verbrennung; im Thierkörper finden sich solche Zwischenproducte, wenn die Bedingungen für ihren weiteren Zerfall nicht mehr gegeben sind, wie z. B. bei der Ablagerung von Fett aus Eiweiss, bei der Ausscheidung von Zucker im Harn des Diabetikers.

---

1) Diese Zeitschrift 1867 Bd. III S. 438.
2) Diese Zeitschrift 1869 Bd. V S. 389.
3) Diese Zeitschrift 1871 Bd. VII S. 455 u. 493.

Es waren nämlich mittlerweile die in den Jahren 1860 bis 1864 am Hunde bei Fütterung mit Fleisch und mit Fleisch unter Zusatz von Fett und Kohlehydraten gemachten Respirationsversuche zusammengestellt und betrachtet worden, wobei sich mir das, was vorher schon hie und da als Möglichkeit erschienen war, zur Gewissheit erhob. Seitdem stand mir die Sache fest, und nie bin ich wieder in die alte Vorstellung verfallen; vielmehr wurde die neue Erkenntniss in vollem Umfange zur Erklärung der Vorgänge bei der Ernährung angewendet.

Man muss sich, um die Umwälzung in den Anschauungen zu verstehen, erinnern, wie man sich bis dahin, in Consequenz der Auffassung Liebig's, nach welcher, wie gesagt, die Ursache der Zersetzung der stickstoffhaltigen Stoffe die Muskelarbeit, die der stickstofffreien der Sauerstoff ist, die Vorgänge bei der Ernährung dachte.

Der Sauerstoff sollte ohne weiteres sich der letzteren Stoffe bemächtigen und ihren Kohlenstoff zu Kohlensäure, ihren Wasserstoff zu Wasser verbrennen. Die Grösse der Zerstörung richtet sich daher, sobald man eine solche Möglichkeit annimmt, nach der Menge des dem Körper zugeführten Sauerstoffs und der Verwandtschaft der Stoffe zu demselben; es ist darnach die Aufgabe der leichtverbrennlichen stickstofffreien Stoffe, den zerstörenden Sauerstoff in Beschlag zu nehmen und so die anderen Körpertheile davor zu schützen. Darum nannte Liebig auch diese Stoffe im Gegensatz zu dem Eiweiss die Respirationsmittel, ihre Bedeutung lag ihm darin, den „Respirationsprocess zu unterhalten“ oder „das Respirationsbedürfniss zu decken“ und die nöthige Wärme zu liefern. Dies prägte sich vor allem darin aus, dass er die Aequivalente dieser Stoffe für den Körper aus der Quantität des zur vollständigen Verbrennung nöthigen Sauerstoffs zu berechnen versuchte: 100g Fett waren deshalb nach ihm gleichwerthig 240g Stärkemehl, weil dieselben gleiche Mengen Sauerstoff zur Verbrennung brauchen. Der Mangel an Sauerstoff macht Ablagerung von Fett.

Dies Alles schien so einfach und natürlich zu sein, dass diese Ideen selbst in der mit vollem Rechte zähen Praxis durchschlugen und zur Stütze für die Ernährung der Thiere wurden; der Land-

wirth gab den Hausthieren die Proteïnsubstanzen, um das durch die Arbeit eingerissene Gewebe zu ersetzen, also mehr wenn er ihnen einmal eine grössere Anstrengung zumuthete, und die stickstofffreien Stoffe, um die nöthige Wärme zu liefern; er ermittelte durch eine einfache Rechnung den Respirationswerth der Futtermittel, um das richtige Verhältniss der stickstofffreien zu den stickstoffhaltigen Substanzen zu erfahren.

Sowie sich manche falsche Vorstellungen der Medicin noch Jahrhunderte lang in dem Volke erhalten, so werden auch jene Lehren Liebig's, ausgehend von der directen Verbrennung durch den Sauerstoff, noch lange ihre Geltung haben, nicht nur in den landwirthschaftlichen Kreisen, sondern auch bei den Physiologen, da es sehr schwer ist, sich bis in die letzten Consequenzen hinein davon loszuringen.

Eine grosse Anzahl von Beobachtungen, man kann sagen die ganze Summe unserer Erfahrungen hatte die richtige Vorstellung hervorgerufen und befestiget, nicht nur eine einzelne.

Was hätte man nach den früheren, damals allgemein giltigen, auch von uns angenommenen Anschauungen voraussetzen sollen? Vor allem, dass unter sonst gleichen Verhältnissen z. B. der Arbeitsleistung und der Athmung bei qualitativ und quantitativ verschiedener Nahrungszufuhr die Sauerstoffaufnahme gleich bleibt, oder wenigstens, dass, wenn man mehr Eiweiss und Fett giebt als im Minimum der Körper zu seiner Erhaltung nöthig hat, das Fett vor dem Eiweiss angegriffen wird.

Die Versuche thaten nun zu unserer Ueberraschung zunächst für das ausserhalb des Thierkörpers leichter verbrennliche Fett das Gegentheil dar[1]). Es ist durch sie sicher gestellt, dass das Fett im Thiere schwerer in einfachere Producte zerfällt als das Eiweiss, und letzteres nicht durch Beschlagnahme von Sauerstoff vor der Verbrennung bewahrt[2]). Es wird z. B. unter Umständen das Eiweiss der Nahrung ganz zerstört, das Fett derselben dagegen unverändert abgelagert[3]). Oder es zersetzt ein Hund, welcher 1800^g Fleisch ver-

1) Diese Zeitschrift 1869 Bd. V S. 169.
2) Diese Zeitschrift 1871 Bd. VII S. 493 u. 1872 Bd. VIII S. 384.
3) Diese Zeitschrift 1873 Bd. IX S. 31.

zehrt hat, dasselbe im Laufe eines Tages vollkommen bis zu den letzten Endproducten, aber das in seinem Körper in grosser Menge vorräthige Fett bleibt völlig intact[1]). Es kann also doch das Fett unmöglich leichter verbrennen als das Eiweiss; es blieb nur die eine Annahme übrig, dass der Sauerstoff sich nicht direct mit den unveränderten Stoffen im Körper, mit Eiweiss und Fett, verbindet, sondern dass dieselben durch andere Ursachen, die sich grösstentheils in der Organisation finden, zerfallen, wobei in die Zerfallproducte allmählich Sauerstoff eintritt.

Sowie die Anwendung der Lehre von dem direct verbrennenden Sauerstoff in der Berechnung der Respirationsäquivalente gipfelte, so wurde ich, vorbereitet durch die eben angegebenen Erfahrungen, in dieser Lehre am meisten erschüttert, als das Experiment[2]) am Thiere unter sonst gleichen Bedingungen ein ganz anderes Verhältniss des sich zersetzenden Fettes und der Kohlehydrate ergab, nicht wie 100 : 240, sondern wie 100 : 175. Während ferner der aus den Kohlehydraten in die Säfte getretene Zucker auch in der grössten Menge stets vollständig in 24 Stunden zu Kohlensäure und Wasser verbrennt, wird das Fett von einer gewissen Grenze ab reichlich angesetzt. Man musste daraus erkennen, dass der Sauerstoff nicht die Ursache des Verbrauchs der stickstofffreien Stoffe ist, sondern im Körper die Bedingungen für die Zerlegung des Fettes andere sind als für die der Kohlehydrate, wonach sich dann secundär der Sauerstoffconsum richtet.

Die Ergebnisse unserer in einer bestimmten Reihenfolge veröffentlichten Versuche wurden nun in dieser Beziehung betrachtet und ihre Uebereinstimmung mit der neuen Erkenntniss besprochen, ohne dass gerade der jeweilige Versuch einen Hauptbeweis für unsere Anschauung enthielt.

Bei der Zusammenstellung der Zersetzungen im Körper des Hundes beim Hunger und bei Fütterung mit 500 g Fleisch hatte sich beide Male die gleiche Sauerstoffaufnahme gezeigt[3]), obwohl die verschiedensten Mengen von Eiweiss und Fett zerstört

---

1) Diese Zeitschrift 1871 Bd. VII S. 483.
2) Diese Zeitschrift 1871 Bd. VII S. 497; 1873 Bd. IX S. 534 u. 535.
3) Diese Zeitschrift 1871 Bd. VII S. 445.

wurden. Wir überlegten daher, ob dieser Fall nicht für die Liebig'sche Auffassung spricht, nach der also ein gewisses Quantum von Sauerstoff aufgenommen wird, welcher die Stoffe im Körper angreift, bis er völlig aufgebraucht ist; wir erklärten aber diese Uebereinstimmung für eine zufällige, da sich nach unseren Versuchen nur selten dem Sauerstoffbedürfniss nach äquivalente Mengen von Eiweiss und Fett ersetzen.

In einer längeren Versuchsreihe[1]), bei welcher der Hund täglich 1500g Fleisch erhielt, hatte derselbe am ersten Tage Eiweiss angesetzt und Fett verloren, dann aber unter Verminderung der Sauerstoffaufnahme sich so ziemlich in das Stoffgleichgewicht gestellt. Bei einem grösseren Zerfall von Eiweiss werden, wie viele unserer Versuche darthun, die Bedingungen für den Zerfall von Fett nach und nach aufgehoben, woraus sich die spätere Abnahme des Sauerstoffconsums erklärt, weil das Eiweiss zur Verbrennung weniger Sauerstoff nöthig hat als das Fett. Diese Abnahme in dem Sauerstoffverbrauch vermochten wir mit der Liebig'schen Auffassung nicht in Einklang zu bringen, wohl aber mit unserer neu erworbenen, nach der der Stoffzerfall durch die Bedingungen in den Organen hervorgerufen wird und die Sauerstoffaufnahme sich secundär nach jenem richtet.

Pflüger[2]) glaubt, dass wir das Verhalten der Zersetzung in diesem einen Falle als Beweis für unsere Anschauung vorbringen. Er meint, man dürfe aus diesem Versuche nur dann schliessen, dass der Sauerstoff nicht in erster Linie bei der Zersetzung betheiliget sei, wenn die möglicherweise bei der Zersetzung wirksamen übrigen Factoren keine Veränderung erlitten hätten. Da nun thatsächlich der Körper eine Aenderung in seiner Zusammensetzung erfahren habe, so könne in Folge einer Veränderung des Blutes und dessen Sauerstoffgehaltes, sowie in Folge einer Veränderung der Erregbarkeit des Athemcentrums und der Athembewegungen sehr wohl die Sauerstoffaufnahme und dadurch die Oxydation eine andere sein; es wäre daher nicht statthatt jenen Schluss zu ziehen, so lange nicht die Unwirksamkeit der letzteren Factoren dargethan

1) Diese Zeitschrift 1871 Bd. VII S. 454.
2) Arch. f. d. ges. Physiol. 1877 Bd. XIV S. 640.

sei, was erst durch seine, durch Pflüger's Versuche geschehen wäre. Dem gegenüber ist zu bemerken, dass die Aufnahme des Sauerstoffs um etwa 9% abnimmt, während ein Ansatz von Eiweiss neben einer geringen Abgabe von Fett bei einem fettreichen Thiere erfolgt ist, was doch sonst keine auf Verarmung des Körpers deutenden Erscheinungen nach sich zieht. Es sind ferner die Veränderungen eines 33,5 kg schweren Körpers bei einem Ansatze von 106 g Eiweiss und einer Abgabe von höchstens 144 g Fett in vier Tagen zu gering, um eine wesentliche Aenderung in der Zusammensetzung und Thätigkeit eines einzelnen Organes zu bedingen, also z. B. in der Zahl und dem Hämoglobingehalte der Blutkörperchen oder der Erregbarkeit des Athemcentrums. Die von uns gegebene Deutung des Versuchs ist in der That die richtige; ich habe aber gar nichts dagegen, zur Beseitigung jeglichen unnützen Streites diesen und andere Versuche, welche wir nur als bestätigende Beispiele für unsere durch viele Erfahrungen gestützte Ansicht anführten, unberücksichtiget zu lassen.

Bei einer anderen Reihe[1]), bei welcher unter sonst gleichen Umständen abermals 1500 g Fleisch täglich verfüttert wurden, und vor welcher der Hund nur 500 g Fleisch erhalten hatte und arm an Fett war, fand anfangs ebenfalls ein Ansatz von Eiweiss, aber auch während einiger Zeit ein solcher von Fett statt. Hier nahm nun trotz der gleichen Fütterung wie im vorigen Falle der Sauerstoffverbrauch nicht ab, sondern in wenigen Tagen um 32% zu, obwohl die Organe, namentlich das Blut, sich nicht so verändert haben können, um eine so erhebliche Zunahme im Consum des Sauerstoffs zu erklären; wohl aber sind die Zersetzungen in den nur wenig veränderten Organen sehr gewachsen.

Vor einer Reihe[2]), bei welcher 500 g Fleisch und 167 g Stärkemehl gefüttert wurden, war reines Fleisch und zwar zu 1500 g gegeben worden. Die Sauerstoffaufnahme war, bei einem geringen Verlust von Eiweiss und einem geringen Ansatz von Fett, also ohne irgend erhebliche Aenderung des Körpers, von 435 g auf 275 g herabgegangen. Es ist durchaus keine Ursache zu finden, welche die

1) Diese Zeitschrift 1871 Bd. VII S. 465.
2) Diese Zeitschrift 1873 Bd. IX S. 470.

Sauerstoffaufnahme so bedeutend (um 37 %) herabdrücken könnte, als der ungleich geringere Zerfall nach dem reichlicheren bei Zufuhr von 1500g Fleisch.

Wenn nach längerem Hunger bei einem fettarmen Thiere grössere Quantitäten von reinem Fleisch gegeben werden und kaum ein Ansatz von Eiweiss stattfindet, also keine wesentliche Aenderung in den Organen eingetreten ist, so nimmt die Eiweisszersetzung und die Sauerstoffaufnahme sehr zu.

Wäre der Sauerstoff ohne weiteres der Zerstörer, so müsste bei Aufnahme von Eiweiss doch ein gewisses Verhältniss in der Zerstörung von Eiweiss und Fett sichtbar und die Eiweiss- und Fettzersetzung in der Art von einander abhängig sein, dass sie sich entsprechend dem Sauerstoffbedürfniss der Zersetzungsproducte vertreten, d. h. dass bei Verbrennung von weniger Eiweiss der nicht in Beschlag genommene Sauerstoff sich mit Fett verbindet. Wir haben hervorgehoben[1]), dass die Verbrennung nicht nach dieser Regel geschieht, und Beispiele dafür angegeben.

Die Sauerstoffaufnahme ist vielmehr unter sonst gleichen oder nur wenig verschiedenen äusseren Verhältnissen sehr ungleich. Jedermann erkennt bei Betrachtung unserer Versuchsreihen auf den ersten Blick, dass der ungleiche Sauerstoffverbrauch im Wesentlichen nicht durch eine dauernde Veränderung der Organe bedingt ist, sondern vorzüglich durch die so sehr verschiedene Qualität und Quantität der dem Körper zugeführten Nahrungsstoffe, und dass die Stoffe im Thierkörper nicht nach ihrer Verwandtschaft zum Sauerstoff zerstört werden.

Man hat sich früher gewundert, dass bei reichlicher Zufuhr von Eiweiss die ganze Masse desselben rasch in Zerfall geräth, ohne dass dabei zahlreichere Athembewegungen wahrzunehmen sind. Die enormen quantitativen Verschiedenheiten der Zersetzungen im Thierkörper führen, ohne Bestimmung des Sauerstoffs, zu dem Schlusse, dass der Sauerstoff nicht die Ursache derselben sein kann.

Es ist ebenso unmöglich die verschiedene Zersetzung von Eiweiss und Fett, bei Zufuhr dieser Stoffe, sowie das Verhältniss in dem

1) Diese Zeitschrift 1871 Bd. VII S. 497.

Verbrauche von Fett und Kohlehydraten zu verstehen, wenn man die früheren Anschauungen festhält, dass der Sauerstoff je nach seiner Verwandtschaft die unveränderten Stoffe im Thierkörper direct zerstört. Nachdem jedoch dargethan war, dass das Fett nicht leichter zersetzt wird als das Eiweiss, sondern schwerer, und ferner, dass Fett aus dem Eiweiss sich abspaltet, konnten die mannigfachen Verschiedenheiten des Zerfalls von Eiweiss und Fett erklärt werden[1]). Wir suchten die Ursache nicht mehr in dem Sauerstoff, sondern in den Bedingungen der Zellen. Je nach der Masse und Beschaffenheit der Zellen und der Menge des zugeführten Eiweisses zerfällt, nach unseren aus den Versuchen abgeleiteten Vorstellungen, zunächst eine gewisse Quantität des letzteren in Producte, zu denen auch Fett gehört. Dieses, sowie das vom Darm aus aufgenommene oder im Körper schon abgelagerte Fett zerfällt ebenfalls, wenn die Zellen nach der Zerfällung des Eiweisses noch die Fähigkeit dazu besitzen. Diese Fähigkeit ist noch vorhanden, wenn erst wenig Eiweiss zerlegt worden ist. Sind jedoch die Bedingungen für die Zersetzung in den Zellen durch Zerlegung einer grösseren Eiweissmasse erschöpft, dann wird nichts mehr vom Fett angegriffen. Auf diese Weise ist man im Stande durch immer reichlichere Zufuhr von Eiweiss die beim Hunger stattfindende Abgabe von Fett allmählich zu vermindern, ja schliesslich sogar Fett aus reinem Eiweiss zum Ansatz zu bringen. Der Zerfall von Zucker wird dagegen nicht durch den von Eiweiss aufgehoben.

Eine Menge von Beobachtungen hatte, wie gesagt, nach und nach zu der neuen Anschauung geführt und gab den Beweis dafür. Die Lehre, wie sie dadurch im Jahre 1871 feststand, ist in Kurzem folgende[2]).

Der Sauerstoff ist nicht die Ursache der ersten Zersetzung von Eiweiss, Fett und Kohlehydraten im Thierkörper, welche also nicht direct und als solche oxydirt werden. Es findet vielmehr vor der Oxydation eine Spaltung dieser Verbindungen statt, und erst in die Spaltungsproducte tritt allmählich der Sauerstoff ein. Die Ursachen

1) Diese Zeitschrift 1873 Bd. IX S. 31—38.

2) Die Hauptstellen, in denen diese Lehre zusammengefasst ist, finden sich in dieser Zeitschrift: 1870 Bd. VI S. 321; 1871 Bd. VII S. 494; 1872 Bd. VIII S. 382—385; 1873 Bd. IX S. 31—34, S. 436, 509, 526—528, 534.

für den Zerfall finden sich in den Zellen und Geweben und sind noch unbekannt; man benennt gewöhnlich die ganze Summe derselben mit dem unpassenden Namen: geformte Fermente. In der Hefezelle findet durch die gleiche Wirkung, ebenfalls ohne wesentliche Betheiligung des Sauerstoffs der Luft, die Spaltung des Zuckers in Kohlensäure und Alkohol statt. Zum besseren Verständniss, wie ich den Vorgang auffasse, habe ich als Beispiel den bei der Verbrennung des Holzes oder einer Talgkerze in der atmosphärischen Luft gewählt, bei dem sich Aehnliches findet wie bei den Processen im Thierkörper. Auch das Holz oder der Talg wird nicht direct oxydirt, wenn man nur diejenige Oxydation eine directe nennt, bei der sich ein Stoff als solcher mit dem Sauerstoff verbindet, wie z. B. der Phosphor oder die Kohle. Dies thut das Holz nicht, wie am besten die Holzgasbereitung zeigt; erst die durch die sogenannte Anzündungstemperatur entstandenen Zersetzungsproducte des Holzes brennen. Es ist also hier die Anzündungstemperatur, welche auch ohne den Sauerstoff den Zerfall macht, die nächste Ursache des letzteren; bei dem brennenden Holze erzeugt die bei der Verbindung des Sauerstoffs mit den Zerfallproducten entstandene Wärme die zum neuen Zerfall nöthige Anzündungstemperatur.

Entsprechend der Anzündungstemperatur für das Holz müssen sich in den Zellen des Thierkörpers Ursachen für den ersten und weiteren Zerfall finden, und nach Maassgabe der dadurch gelieferten Materialien wird von dem Sauerstoff des Blutes weggenommen, der dann durch neuen von Aussen ersetzt wird. Man könnte sich denken, auch im Organismus wäre die Anzündungstemperatur die nächste Ursache der Zerspaltung wie bei dem Holze. Dies scheint mir jedoch nicht der Fall zu sein. Ich leuge natürlich nicht, dass eine bestimmte Temperatur auch zum Zerfall im Körper gehört, aber sie scheint mir für sich allein nicht auszureichen, denselben zu bedingen.

Ich könnte mir z. B. nicht erklären, warum beim Hunger der im Thiere vorhandene grosse Vorrath von Eiweiss und Fett nicht in höherem Maasse angegriffen wird und die Zerstörung erst dann anwächst, wenn Eiweiss oder Kohlehydrate aus dem Darm in die

Säfte gelangen, aber nicht wenn Fett aus dem Darm aufgenommen wird. Auch bei einer ganzen Anzahl anderer Zersetzungen, wo es sich um Wirkungen ungeformter Fermente als Ursachen des Zerfalls handelt, ist die Anzündungstemperatur wohl nicht die nächste Ursache.

Warum bleibt der Zucker im Leibe des Diabetikers unverbrannt? Nicht deshalb weil in ihn zu wenig Sauerstoff aufgenommen wird, denn der Kranke kann, wie wir gezeigt haben, unter Umständen grosse Quantitäten von Sauerstoff verzehren. Es ist dieser Fall der beste Beweis, dass die Anzündungstemperatur und der Sauerstoff nicht genügen, den Zerfall von Zucker herbeizuführen, und dass der Zucker nicht direct oxydirt wird. Es fehlen beim Diabetes die Ursachen, welche normal den Zucker zum Zerfall bringen, weshalb bei dieser Krankheit secundär weniger Sauerstoff verbraucht wird. Es könnte ein ungeformtes Ferment sein, das normal den Zucker zerlegt und bei der Zuckerharnruhr fehlt, oder es könnten andere die Zersetzung bedingende Momente in den Zellen wegfallen.

Mit der Erkenntniss, dass der Sauerstoff nicht die directe Ursache des Zerfalls im Organismus ist, stürzte eine der hauptsächlichsten früheren Lehren auf dem Gebiete der Ernährung und war der Auffassung über die Wirkung und Bedeutung der Nahrungsstoffe eine andere Gestaltung gegeben.

Pflüger[1]) hat im Jahre 1875 aus seiner Beobachtung, nach welcher Frösche ohne eine Spur von Sauerstoff noch längere Zeit wie normal Kohlensäure bilden und alle Lebenserscheinungen zeigen, unter Anderem ebenfalls geschlossen, dass bei dem Lebensprocesse nicht eine directe Oxydation des Eiweisses, sondern eine Dissociation stattfindet.

Ich war erfreut darüber, dass somit Pflüger auf einem ganz verschiedenen Wege und völlig unabhängig zu der gleichen Schlussfolgerung gekommen war wie ich, da dadurch der so wichtige Sachverhalt sicherer gestellt wurde. Ich hätte es deshalb gerne gesehen, wenn er dabei meine Angaben erwähnt hätte; ich hielt

1) Arch. f. d. ges. Physiol. 1875 Bd. X S. 251.

es jedoch für leicht möglich, dass er, in einer anderen Richtung der Physiologie arbeitend, wenn auch manchmal das von mir gewählte Gebiet streifend, meine auf die Ernährung sich beziehenden Schlussfolgerungen übersehen konnte. Ich würde daher wahrscheinlich nichts darüber gesagt haben, wenn Pflüger nicht erwähnt hätte, der Keim der Ansicht, dass im Körper (bei dem Zerfall des Albumins) nicht eine gewöhnliche Oxydation, sondern eine Spaltung gegeben sei, fände sich in der Abhandlung Liebig's[1]) über die Quelle der Muskelkraft, obwohl ich in meiner Abwehr gegen dieselbe die Ansprüche von Pettenkofer und mir gewahrt habe. Ich habe deshalb in zwei Fällen[2]), bei denen Folgerungen aus dem besprochenen Satze für die Lehre von der Ernährung gezogen wurden, auf unsere Arbeiten hingewiesen. Wir verdanken bekanntlich die erste hierher gehörige Thatsache, dass die Zersetzung in den Organen theilweise unabhängig vom Sauerstoff geschehe, Georg v. Liebig, welcher schon im Jahre 1850 den Nachweis lieferte, dass der ausgeschnittene Muskel in einer sauerstofffreien Atmosphäre Arbeit leiste und Kohlensäure producire, was dann L. Hermann bestätigte und richtig deutete, indem er bei der Muskelarbeit nicht eine Oxydation, sondern eine Spaltung einer complicirten Substanz stattfinden liess. Pettenkofer und ich haben darauf für die Eiweisszersetzung im Körper überhaupt die vorher erörterte Schlussfolgerung gezogen und sie später auch auf die Zersetzung der Fette und Kohlehydrate ausgedehnt. Die consequente Anwendung dieser Lehre wird namentlich auf dem Gebiete der Ernährung noch vielfach vermisst.

5. Einfluss der Athembewegungen auf die Kohlensäurebildung.

Es war eine nothwendige Consequenz der Anschauung, nach welcher es sich bei der Zerstörung der Stoffe im Thierkörper um Spaltungen handelt, deren nächste Ursache nicht der Sauerstoff ist, dass die vermehrte Zufuhr von Sauerstoff durch die Athembewegungen den Zerfall nicht ändern könne. Ich habe daher mehrere

1) Sitz.-Ber. d. k. b. Akad. d. Wiss. 1869 Bd. II S. 432.

2) Diese Zeitschrift 1875 Bd. XI S. 536; 1876 Bd. XII S. 292. — (An beiden Stellen ist Pflüger's Arbeit unrichtig citirt.)

Male[1]), meist im Anschluss an die Betrachtung der Ursachen der Zersetzung in den Geweben, von der Bedeutung der Athembewegungen gesprochen und hervorgehoben, dass sie keinen Einfluss auf die Verbrennungsprocesse im Körper durch die Menge des aufgenommenen Sauerstoffs auszuüben vermögen.

Ich war und bin in der That der Meinung, dass ich diesen Gedanken zuerst bestimmt ausgesprochen habe. Pflüger[2]) hat dagegen in einer besonderen Abhandlung zu zeigen gesucht, dass mein Anspruch[3]) auf die Erkenntniss der Beziehungen zwischen Stoffwechsel und Athembewegungen unberechtigt ist. Er citirt[4]) zu dem Zwecke zwei Stellen aus seinen 1868 und 1869 erschienenen Aufsätzen, worin gesagt ist, dass die Quantität des den Geweben von den Blutkörperchen gelieferten Sauerstoffs proportional dem Verbrauch der Gewebe steigt und dass vermehrter Verbrauch von Sauerstoff in den Capillaren vermehrte Aufnahme desselben in den Lungen bedingt. Ich räume gern ein, dass man aus diesen Sätzen zu dem weiteren Schluss, dass die Athembewegungen durch vermehrte Sauerstoffzufuhr die Zersetzungen im Körper nicht beeinflussen, hätte kommen können, sowie auch schon früher, wie gesagt, aus der von Lavoisier aufgefundenen Thatsache, dass in reinem Sauerstoffgas athmende Thiere nicht mehr davon verbrauchen als in gewöhnlicher atmosphärischer Luft. Pflüger hat damals diese Schlussfolgerung nicht ausdrücklich gezogen, und es kann Niemanden ein Vorwurf treffen, wenn er sie aus jenen Aeusserungen nicht herausgelesen hat. Pflüger spricht in den beiden Abhandlungen nur von der Ursache der Athembewegungen oder der Ursache des Uebergangs des Sauerstoffs aus dem Blute in die Gewebe und aus der Luft in das Blut. Ich habe allerdings bei meinen Auseinandersetzungen auch die letzteren Vorgänge erwähnt und dabei, wie ich jetzt bedauere, versäumt anzugeben, dass wir ihre Erkenntniss zum grossen Theile Pflüger verdanken. Ich wollte die-

1) Diese Zeitschrift 1870 Bd. VI S. 389 u. S. 390; 1871 Bd. VII S. 197, 494, 495; 1872 Bd. VIII S. 383.

2) Arch. f. d. ges. Physiol. 1877 Bd. XIV S. 630.

3) Diese Zeitschrift 1872 Bd. VIII S. 384.

4) Arch. f. d. ges. Physiol. 1868 Bd. I S. 76; 1869 Bd. II S. 169.

selbe mir jedoch nicht zueignen; mir war es allein darum zu thun, die früher ganz allgemein gehegte Ansicht, dass die Grösse des Sauerstoffverbrauchs im Körper durch die Athemrhythmik bedingt werde und die Zersetzung der (stickstofffreien) Stoffe von der Zahl und Tiefe der Athembewegungen abhängig sei, zu bekämpfen. Dies konnte erst mit Sicherheit geschehen, als erkannt war, dass der Sauerstoff nicht die nächste Ursache des Zerfalls ist. Die von Pflüger beschriebenen Vorgänge des Austausches des Blutsauerstoffs nach den Geweben und des Ersatzes des ersteren durch neuen in der Lunge hätten ebenso bei directer Wirkung des Sauerstoffs stattfinden können, und dann hätten tiefere und häufigere Athembewegungen durch reichlichere Versorgung des Blutes mit jenem Gase die Verbrennung begünstigen müssen. Ein ähnlicher Process wie zwischen der Luft, dem Blute und dem Gewebe, nur mit directer Oxydation, findet sich z. B. in den Bleikammern für die Schwefelsäurebereitung, wo der Sauerstoff der Luft zuerst sich mit dem Stickstoffoxyd verbindet und das entstandene Stickstoffdioxyd dann denselben an das Schwefeldioxyd abgiebt; hier ist bei einem Ueberschuss von Schwefeldioxyd und Stickstoffoxyd die Oxydation von der Sauerstoffzufuhr abhängig. Erst in seiner Abhandlung vom Jahre 1872 sprach Pflüger in gesperrter und fetter Schrift davon, dass die Athembewegungen den Stoffwechsel nicht reguliren, und er erwähnt darin nicht, dass er dies schon im Jahre 1868 ausgesprochen habe.

Man könnte nach meinen Darstellungen, nach denen die Athembewegungen nicht das Bedingende, sondern das Bedingte sind und eine grössere Sauerstoffzufuhr in den Lungen auf die Oxydationen im Körper von keinem Einfluss ist, meinen, ich befände mich damit in Widerspruch mit einer früheren, unter meiner Leitung von Lossen ausgeführten Arbeit über den Einfluss der Athembewegungen auf die Kohlensäureausscheidung, bei der eine Vermehrung der letzteren durch tiefere und zahlreichere Athemzüge sich ergab.

Pflüger[1]) hat mit seinen Schülern Dr. Dittmar Finkler und Dr. Ernst Oertmann die Grösse des Sauerstoffverbrauchs und der Kohlensäureabgabe bei Variation der Lungenventilation

---

1) Arch. f. d. ges. Physiol. 1876 Bd. XIV S. 1 u. 38.

gemessen, da er trotz seiner früheren Ausführungen die Unabhängigkeit der Oxydationsprocesse von dem Partiardrucke des freien Sauerstoffs noch nicht über allen Widerspruch erhaben hielt. Sie verglichen an in Wasser von 38° eingesenkten Kaninchen die Sauerstoffaufnahme und die Kohlensäureausscheidung bei sehr frequenter künstlicher Ventilation, welche Apnöe machte, mit der bei selbständiger Athmung der Thiere durch Ventile. Es waren dabei mancherlei, anfangs auffallende Schwankungen aufgetreten; es stellte sich aber heraus, dass nach künstlicher Athmung von 15 Minuten, wenn man dazu noch die darauffolgenden 10 Minuten rechnet, während deren ohne künstliche Ventilation die normale Athmung des Thieres wieder eingetreten ist, so dass also am Anfang und Ende des Versuchs der gleiche Respirationszustand besteht, der Sauerstoffverbrauch der gleiche ist wie bei freier Athmung. Das nämliche ist der Fall bei selbständiger Respiration des Thieres und während der künstlichen Lüftung, wenn letztere einmal einige Zeit eingeleitet war.

Es liegen nun mehrere ältere Arbeiten über den Einfluss der Athemmechanik auf die Abgabe der Kohlensäure in den Lungen am Menschen vor, nämlich von Vierordt[1]), Lossen[2]), Berg[3]) und C. Speck[4]); bei der letzteren wurde ausserdem noch der Sauerstoffconsum bestimmt. Sämmtliche haben einen ganz bedeutenden Einfluss der Art der Athmung auf die Kohlensäureausscheidung gefunden.

Pflüger[5]) hat die seiner Auffassung entgegenstehenden Resultate Lossen's einer eingehenden Kritik unterzogen, und meint, dass die Werthe, aus denen wir unseren Schluss ableiteten, in die Beobachtungsfehler fallen; man müsse vielmehr auch aus diesen Versuchen entnehmen, dass die Athemmechanik keinen Einfluss auf die Oxydation habe.

Bei den früheren derartigen Versuchen von Vierordt war

1) Physiologie des Athmens 1845.
2) Diese Zeitschrift 1866 Bd. II S. 244; 1870 Bd. VI S. 298.
3) Deutsch. Arch. f. klin. Medic. 1869 Bd. VI S. 291.
4) Arch. d. Vereins f. wiss. Heilkunde 1867 Bd. III S. 713.
5) Arch. f. d. ges. Physiol. 1876 Bd. XIV S. 1.

die Zeit der Athmung so kurz, dass man nicht sicher entscheiden konnte, ob es sich bei einer Schwankung in der Kohlensäureabgabe um eine Aenderung in der Bildung derselben, oder nur um eine veränderte Ausscheidung der im Organismus schon vorhandenen Kohlensäure durch eine verschiedene Ventilation handelt[1]). Lossen hat daher den Versuch längere Zeit, nämlich 1—2 Stunden lang, mit dem gleichen Athemtempo fortdauern lassen, so dass man wohl mit Sicherheit auf eine Ausgleichung des Kohlensäuregehaltes des Körpers und der Athemrhythmik rechnen darf, d. h. darauf dass die gefundene Kohlensäure auch ein Maass für die unterdess erzeugte abgiebt, was auch Pflüger zugesteht.

Vierordt hatte bekanntlich gefunden, dass wenn man bei gleich gehaltener Tiefe der Athemzüge häufiger, oder bei gleicher Zahl tiefer athmet, die Kohlensäure absolut in grösserer Menge ausgeschieden wird. Lossen hat in dieser Richtung, wie Manche übersahen, welche meinten, seine Resultate widersprächen denen von Vierordt, die gleichen Resultate wie Letzterer erhalten. Er fand jedoch weiter, dass wenn man bei zahlreicheren Athemzügen die Tiefe der Willkür und dem Behagen überlässt, was Vierordt nicht that, da er stets eine bestimmte Tiefe einhielt, die Tiefe der Athemzüge geringer wird, das Gesammtvolum der geathmeten Luft wegen der grossen Zahl der Athemzüge zunimmt und die Kohlensäure keine Vermehrung mehr zeigt; Lossen deutete sogar seine letzteren Resultate als beweisend für eine Verminderung der Kohlensäurebildung.

Pflüger suchte nun darzuthun, dass unter Rücksichtnahme auf die Fehlergrenzen sich nicht eine Abnahme, sondern ein Gleichbleiben der Kohlensäure ergebe.

1) Auch bei Speck war dies der Fall, dessen Versuche nur 3—12 Minuten anwährten, so dass die Abgabe vorräthiger Kohlensäure durch die starke Ventilation störend eintrat, worauf die verhältnissmässig grosse Kohlensäurezunahme beim forcirten Athmen und die starke Abnahme nach demselben hindeutet, welche letztere zum Theil von der Ermüdung herrührt. Er fand nämlich in 1 Minute:

	Kohlensäure	Sauerstoff
bei normalem Athmen	0,619	0,518
bei forcirtem Athmen	1,105	0,625
nach forcirtem Athmen	0,376	0,464

Er wendet zunächst ein, dass die Versuche, von denen für jede Frequenz zwei gemacht worden sind, auf verschiedene Tage treffen und sich mit der Zeit möglicherweise der Körperzustand des Experimentators geändert hat. Daher kämen vielleicht auch die Verschiedenheiten in der Kohlensäureproduction, welche sich bei gleicher (?) Athemmechanik an verschiedenen Tagen zeigten, und ein Mal 12%, ein anderes Mal 24% betrugen. Es könnte sich z. B. sehr wohl so gefügt haben, meint er, dass Lossen die Versuche mit weniger häufiger Athmung zu einer Zeit mit energischerem Stoffwechsel angestellt habe. Lossen hätte die Versuche mit rascher und langsamer Athmung an dem gleichen Tage ausführen sollen, um sich zu überzeugen, ob der Erfolg vom Rhythmus der Athemmechanik oder von einer Aenderung des Stoffwechsels herrühre.

Ich habe vielleicht mehr als irgend ein anderer Physiologe dazu beigetragen, die Kenntniss von dem Einflusse verschiedener Momente auf den Stoffumsatz zu fördern, namentlich die von der Wirkung der Qualität und Quantität der Nahrungsstoffe und der Beschaffenheit des Körpers. Ich selbst habe gelehrt, wie man es anstellen muss, um bei derlei Versuchen verwerthbare Resultate zu erhalten. Es lässt sich daher nicht denken, dass ich in dieser Beziehung sorglos gewesen bin und keine Anordnungen getroffen habe.

Es ist von Lossen in der Abhandlung gesagt worden: „zur Erzielung möglichst gleichartiger Verhältnisse fand täglich nur ein einziger Versuch an mir selbst statt und zwar stets in der Zeit von 8—10 Uhr Vormittags, 2 Stunden nach Einnahme des Frühstücks, bei vollkommenster Ruhe des Körpers.“ Es wäre schwierig gewesen, mehrere Versuche hinter einander anzustellen, da jeder derselben 1—2 Stunden währte und das längere Athmen in gegebenem Tempo Mühe macht; es hätte dann so lange Zeit keine Speise aufgenommen werden dürfen, denn nichts übt ausser der Muskelarbeit einen grösseren Einfluss auf die Kohlensäurebildung aus als die Nahrung, und zwar einen weit bedeutenderen wie die verschiedene Beschaffenheit des Körpers. Wir haben daher den Versuch Vormittags angestellt; den Abend vorher wurde stets zur nämlichen Zeit ein einfaches Mahl genommen, worauf ein 10stündiger Hunger folgte; 2 Stunden vor Beginn des Versuchs wurde

eine Tasse Kaffee mit einem Semmel verzehrt. In dieser Beziehung befand sich also der Körper in einem möglichst gleichen Zustande. Die Versuche waren so angeordnet, dass im Allgemeinen zuerst die ganze Reihe mit verschiedener Zahl der Athemzüge ein Mal durchgemacht wurde und dann sich wiederholte[1]).

Pflüger macht ferner auf den Einfluss der Temperatur aufmerksam, der von uns vernachlässigt worden sei. Wir haben gesagt, dass die Temperatur der Zimmerluft, in der wir uns nahezu 2 Stunden vorher schon aufhielten, notirt wurde. Die Versuche fielen in den Monat April; die mittlere Temperatur war 16,6° C., die grössten Schwankungen 14,3—18,5°.

Ich werde nachher auf ein Moment hinweisen, welches viel mehr als die von Pflüger hervorgehobene Aenderung des Körperzustandes oder der Temperatur die Kohlensäurebildung beeinflusst, von welchem ich die bei Lossen's Versuchen beobachteten Verschiedenheiten abhängig mache. Pflüger betont die Differenz von 12—24% bei der gleichen Athemmechanik; die Athemmechanik war jedoch dabei, wie ich noch erörtern werde, nicht gleich, sondern nur die Zahl der Athemzüge, während die Tiefe der Willkür überlassen blieb und sehr verschieden ausfiel. Auffallender sind daher die Schwankungen der Kohlensäurewerthe, bis zu 37%, welche Finkler und Oertmann[2]), die Schüler Pflüger's,

1) Die Reihenfolge der Versuche war folgende:

1)	15	Athemzüge	Nr. I
2)	10	„	„ I
3)	5	„	„ I
4)	20	„	„ I
5)	15	„	„ II
6)	30	„	„ I
7)	40	„	„ I
8)	15	„	„ III
9)	10	„	„ II
10)	5	„	„ II
11)	20	„	„ II
12)	30	„	„ II
13)	40	„	„ II
14)	60	„	„ I
15)	60	„	„ II

2) Arch. f. d. ges. Physiol. 1876 Bd. XIV S. 42. (Versuch 2, 4, 6, 8, 10 u. 12.)

beim normalen Athmen eines Kaninchens in einer Anzahl direct auf einander folgender Versuche gefunden haben.

Pflüger meint, da bei den Versuchen mit 15 Athemzügen eine Differenz von 1,57g Kohlensäure in ¼ Stunde vorkomme, dagegen die Differenz bei 5 und 60 Athemzügen nur 1,33g betrage, so dürfe man aus letzterer nicht entnehmen, dass die veränderte Athemrhythmik den Erfolg hervorgebracht habe, man müsste vielmehr schliessen, dass die Athemmechanik dabei nicht betheiliget sei.

Es ist zu bedenken, dass uns damals nicht die Abnahme der Kohlensäure bei mehr Athemzügen in Erstaunen setzte, sondern die Nichtzunahme derselben. An die Aufstellung eines Gesetzes haben wir dabei nicht gedacht; wir haben einfach die erhaltenen Zahlen zu deuten gesucht. Die Zusammenstellung der Mittelwerthe der Kohlensäure schien uns für eine absteigende Reihe bei zahlreicheren Athemzügen zu sprechen. Vergleicht man nämlich bei 5 Athemzügen den Versuch, welcher den niedrigsten Werth (7,50g) geliefert hat, mit dem den höchsten Werth (6,79g) ergebenden Versuch bei 60 Athemzügen, so ist noch eine Differenz vorhanden, welche für eine Abnahme der Kohlensäure bei mehr Athemzügen spricht. Nimmt man die Mittelzahl aus den Versuchen mit 5, 10 und 15 Athemzügen und die aus den Versuchen mit 20, 30, 40 und 60 Athemzügen (Lossen's Tabelle S. 252), wobei die für uns ungünstigste Zusammenstellung angenommen ist, so erhält man 7,57g und 7,18g Kohlensäure, also bei mehr Athemzügen weniger.

Berechnet man ferner die Fehlervertheilung in unserer Reihe unter der Voraussetzung, dass die Menge der ausgeathmeten Kohlensäure von der Zahl der Athemzüge nicht abhängig ist, so findet man als wahrscheinlichsten Werth 7,35 ± 0,80g Kohlensäure. Dies ergiebt:

Zahl der Athemzüge	Beobachteter Fehler gegen das Mittel
5	+ 0,609
10	+ 0,083
15	— 0,032
20	+ 0,792
30	— 0,132
40	— 0,595
60	— 0,727

Nimmt man dagegen an, dass die Menge der Kohlensäure mit der Zahl der Athemzüge (z) abnehme, so ergiebt sich als wahrscheinlichster Werth $7{,}955 - 0{,}023\,z \pm 0{,}69$ und es wird die Fehlervertheilung:

Zahl der Athemzüge	Beobachteter Fehler gegen das Mittel
5	+ 0,123
10	— 0,286
15	— 0,284
20	+ 0,656
30	— 0,063
40	— 0,262
60	+ 0,074

Der mittlere Fehler des ersteren Werthes ist darnach 0,80, der des zweiten Werthes ist kleiner, nämlich nur 0,69. Bei der letzteren Annahme fällt ferner die Fehlervertheilung viel gleichmässiger aus. Es ist daher nach den Lossen'schen Resultaten wahrscheinlicher, dass mit der Zunahme in der Zahl der Athmungen, bei einer dem Behagen anheimgestellten Tiefe derselben, die Menge der ausgehauchten Kohlensäure abnimmt.

Die gleich folgende Erörterung der wahren Ursache der Schwankungen der Kohlensäureausscheidung bei gleicher Zahl der Athemzüge und der Willkür überlassener Tiefe wird jeden Streit über die Deutung unserer Resultate beiseitigen[1]).

1) Der Versuch mit 15 Athemzügen wurde drei Mal gemacht. Zuerst als erster der ganzen Untersuchung, als Lossen noch nicht so eingeübt war; er wurde daher als fünfter wiederholt, bevor die Versuche mit zahlreicheren Athemzügen (30, 40 u. 60) angestellt waren und ehe man sich irgend eine Theorie bilden konnte, und später, als die ganze Reihe abermals durchgemacht wurde, natürlich nicht unterlassen. Es wurden gewissenhaft die drei Versuche mitgetheilt und auch in Rechnung gezogen, da der Mittelwerth dadurch nur genauer werden konnte und also eine Bevorzugung gegenüber anderen Versuchen nicht stattfindet. Hätte Lossen den Gedanken fassen können, Zahlen zu Gunsten seiner Theorie fortzuschaffen, so hätte er den ersten Versuch mit 15 Athemzügen und die beiden Versuche mit 20 Athemzügen einfach weggelassen. Die Erklärung für die hohe Zahl bei 20 Athemzügen liegt in der ungleichen In- und Exspirationszeit bei diesem Versuche, worauf schon Lossen hingewiesen hat und worauf ich nachher noch zurückkommen werde. Die von uns versuchte Berechnung, ob das Plus an Kohlensäure aus einer reichlicheren Erzeugung derselben oder nur von einer Ausscheidung der schon im Körper an-

Wir wollen aber jetzt einmal annehmen, die bis jetzt besprochenen 15 Versuche, mit wechselnder Zahl der Athemzüge und der Willkür anheimgestellter Tiefe, bewiesen wirklich nichts für eine Aenderung in der Kohlensäurebildung durch die Athemmechanik, sie bewiesen vielmehr ein Gleichbleiben derselben, so blieben doch noch die übrigen Versuche von Lossen bei zahlreicheren Athemzügen und gleicher Tiefe, sowie bei verschiedener Tiefe der Athemzüge und gleicher Zahl, welche ganz bestimmt einen Einfluss der Athemmechanik auf die Erzeugung der Kohlensäure darthun und das gleiche Resultat ergeben, wie die übrigen Versuche am Menschen: wie die Kohlensäurebestimmungen von Vierordt und die Kohlensäure- und Sauerstoffbestimmungen von Speck, welche allerdings nur kurze Zeit gewährt haben.

Diese Versuche Lossen's wurden von Pflüger nur kurz erwähnt; er meint, da die Schwankung bei den vorher besprochenen 15 Versuchen trotz gleicher Zahl der Athemzüge bis zu 1,57^{g} betrage, so bewiesen die geringen Differenzen der uns jetzt vorliegenden Versuchsreihen, welche zudem nur durch je einen einzigen Versuch belegt werden, nichts. Die letzteren Versuche sind aber ganz anderer Art als die ersteren; bei ihnen war die Zahl und Tiefe der Athemzüge genau vorgeschrieben, also die Leistung eine ganz bestimmte, bei den ersteren war nur die Zahl festgesetzt, die Tiefe dem Belieben übergeben, wodurch die Leistung und damit auch die Kohlensäureproduction ungleich ausfiel. Es darf deshalb auch nicht die bedeutende Schwankung bei den ersteren Versuchen auf die letzteren angewendet werden.

Lässt man die Versuche weg, bei denen nach Lossen's Angabe und Erklärung die Athmung nur kurze Zeit fortgesetzt werden konnte, weil entweder Kohlensäure im Körper sich aufstaute oder die Anstrengung zu gross war, so erhält man folgende Zahlen:

---

gesammelten herstamme, war überflüssig, da vor Aufsammlung der Exspirationsluft schon längere Zeit in demselben Tempo geathmet worden war und die späteren Proben keinen Unterschied ergaben. Ich bin übrigens nach den noch zu erwähnenden Versuchen überzeugt, dass es gelingen würde, mit 5 und 30 Athemzügen in der Minute 12 Stunden lang fortzuathmen und dabei sehr verschiedene Quantitäten von Kohlensäure, von einer ungleichen Grösse in der Bildung derselben herrührend, zum Vorschein zu bringen.

Zahl der Athemzüge in 1 Minute	Tiefe eines Athemzuges in ccm	Volum in 15 Minuten in l	Kohlensäure in 15 Minuten
15	442	99	8,26
30	442	200	8,83
20	293	89	6,58
30	293	133	7,61
30	269	121	7,18
30	293	133	7,61
30	442	200	8,83
5	1002	75	7,96
5	1313	99	8,27

Da hier alle Versuche ohne Ausnahme bei grösserer Zahl oder grösserer Tiefe der Athemzüge ein Ansteigen der Kohlensäure ergeben, so ist kein Zweifel darein zu setzen, dass in diesem Falle eine reichlichere Erzeugung von Kohlensäure stattfindet, d. h. dass die Athemmechanik die Zersetzung im Körper beeinflusst.

Wodurch wirkt nun die Athemmechanik auf den Stoffzerfall ein?

Bei meinen ersten Angaben[1]) über die Rolle der Athembewegungen habe ich geäussert: „bei körperlicher Anstrengung wird aber in den Organen mehr zersetzt und darum in Folge davon häufiger geathmet; wenn in der Kälte ohne reichlichere Nahrungszufuhr wirklich durch ausgiebigeres und häufigeres Athmen auf die Dauer mehr Sauerstoff eintreten sollte als in der Wärme, so kann dies auch nur eine Folge einer grösseren Zersetzung im Körper sein.“ Ich dachte daher damals schon daran, dass die Kohlensäurevermehrung bei zahlreicheren Athemzügen nicht von diesen direct d. h. nicht von einer vermehrten Sauerstoffzufuhr, sondern von der reichlicheren Zersetzung im Körper durch die Muskelanstrengung herrührt. Darum schien mir kein Widerspruch zu bestehen zwischen den früher von Lossen erhaltenen Zahlen und meiner späteren Auffassung über die Wirkung des Sauerstoffs im Körper.

1) Diese Zeitschrift 1870 Bd. VI S. 389.

Aber namentlich durch die unter meiner Leitung von Leichtenstern angestellten Versuche über das unter verschiedenen Verhältnissen von einem Kaninchen geathmete Luftvolum, wobei ich die so sehr wechselnde Anstrengung des Thieres bei verschiedener Athemrhythmik beobachten konnte, bin ich wieder auf den Einfluss der Thätigkeit der Athemmuskeln auf die Kohlensäureausscheidung aufmerksam geworden. Ich[1]) habe daher in der Mittheilung der Versuche Leichtenstern's an die Akademie bei Besprechung der Aenderung der Athemrhythmik durch die Kälte gesagt: „hier findet vielleicht durch die Wirkung der Kälte auf die Blutcirculation und die Athembewegungen auf indirectem Wege eine grössere Zersetzung statt, wie es auch Lossen bei zahlreicheren und tieferen Athemzügen beobachtet hat." Ich kam dann bei abermaliger Betrachtung der Lossen'schen Zahlen immer mehr zu der Ueberzeugung, dass die Schwankungen bei denselben vorzüglich von der ungleichen Muskelthätigkeit bei der verschiedenen Athemrhythmik bedingt sind, welche von so gewaltiger Wirkung auf den Zerfall des Fettes und auf die Kohlensäureproduction ist. Da nun bei zahlreicheren Athemzügen und gleichbleibender Tiefe eines jeden derselben oder bei tieferen Athemzügen und gleicher Zahl ein grösseres Luftvolum in einer gegebenen Zeit geathmet wird, so wächst dabei die Anstrengung der Athemmuskeln und somit auch nothwendig die Kohlensäurebildung.

Es wird daher bei häufigeren Athembewegungen und der Willkür überlassener Tiefe diejenige Athemrhythmik am meisten Kohlensäure liefern, welche der Athemmuskulatur die grösste Anstrengung auferlegt. Letzteres thun nun die selteneren und tieferen Athemzüge gegenüber den zahlreicheren und flachen, wie man alsbald wahrnimmt, wenn man in einem solchen Rhythmus zu athmen versucht. Aber man kann auch bei frequenten Athemzügen, sobald man sie etwas tiefer macht, die nämliche Anstrengung nöthig haben wie bei weniger frequenten und tiefen, was dann einen ungleichen Erfolg bewirkt. Jeder, der in diesem Sinne die Lossen'schen Zahlen betrachtet, erkennt, dass bei der gleichen Zahl der Athem-

1) Sitz.-Ber. d. k. b. Akad. d. Wiss., math.-physikal. Cl. 1871 S. 200.

züge und willkürlicher Tiefe die letztere oder das in 15 Minuten geathmete Luftvolum sehr verschieden ist und dass im Allgemeinen mit dem Luftvolum auch die Kohlensäure wächst. Berg hat offenbar bei grösserer Athemfrequenz und willkürlicher Tiefe tiefer geathmet als Lossen, d. h. sich mehr angestrengt, woher die verschiedenen Angaben dieser beiden Autoren sich erklären.

Von der gleichen Ursache rührt auch die auffallend hohe Kohlensäurezahl bei 20 Athemzügen her; die Athmung in diesem Rhythmus verursachte, wie Lossen angegeben hat, besondere Schwierigkeiten, weil 1 Secunde Zeit auf eine stossende Inspiration und 2 Secunden auf eine langgezogene Exspiration verwendet wurden. Daher kommt es auch, dass beim Athmen des gleichen Luftvolums durch spärliche und tiefe oder durch zahlreiche und seichte Athemzüge im letzteren Falle wegen der geringeren Muskelanstrengung weniger Kohlensäure erscheint.

Die Arbeit der Athemmuskeln wird, wie die irgend einer anderen Maschine, ausgedrückt durch die Grösse der Last, welche in einer gewissen Zeit auf eine bestimmte Höhe gehoben wird. Man kann sie nicht erschliessen aus der Zahl der Athemzüge, auch nicht aus der Tiefe derselben oder aus dem geathmeten Luftvolum. Leichtenstern[1]) hat schon diese Verhältnisse in seiner oben angegebenen Abhandlung discutirt. Es ist nach ihm das Volum der Athemluft nicht ein Maassstab für die Arbeitsleistung der Athemmuskeln, da dasselbe nur den Nutzeffect nach Ueberwindung der Widerstände darstellt. Es kann das gleiche Luftvolumen auf verschiedene Weise geliefert werden, durch seltenere und tiefe oder durch häufigere und seichte Athemzüge. Die Thätigkeit der Athemmuskeln ist dabei nicht gleich gross, sondern es setzen aus leicht begreiflichen Gründen die tieferen Athemzüge eine grössere Anstrengung der Muskeln voraus, sowie es auch für unsere übrigen Muskeln durchaus nicht gleichgiltig ist, ob sie eine Last öfter auf kleinere oder seltener auf entsprechend grössere Höhen erheben. Nach der Durchschneidung der Nervi vagi nimmt bekanntlich die Zahl der Athemzüge ab und das Thier muss, wie wenn willkür-

1) Diese Zeitschrift 1871 Bd. VII S. 197.

lich seltener geathmet wird, tiefer athmen, um die gehörige Ventilation zu bewirken; es wird daher vor und nach der Operation, ebenso wie bei den entsprechenden Versuchen von Lossen, ohngefähr das gleiche Luftvolum geathmet, aber die Athemarbeit ist im letzteren Falle eine grössere, wie man bei Beobachtung des Thieres leicht wahrnimmt.

Pflüger sieht nicht ein, wie die Lunge bei zahlreicheren und flacheren Athemzügen weniger wirksam ventilirt werden kann als bei spärlichen und tieferen, wenn auch das Gesammtvolum der geathmeten Luft im ersten Falle gleich gross oder sogar grösser ist als in letzterem. Dadurch dass die Lüftung bei flachem Athmen nicht bis in die tieferen Theile der Lunge vordringt, zeigt dabei die Exspirationsluft einen kleineren Procentgehalt an Kohlensäure, sowie auch, wie ich[1]) anderweit hervorgehoben habe, weniger Wasserdampf und eine niederere Temperatur; bei recht seichten und häufigen Athemzügen kommt es sogar trotz einem nicht unbeträchtlichen Volum der geathmeten Luft zu einer Stauung der Kohlensäure und zu Dyspnöe.

Es ist auffallend, dass auch Andere sich diese Verhältnisse nicht haben klar machen können. Das totale Volumen der ausgeathmeten Luft ist das Product aus der durch einen Athemzug gelieferten Luft und der Anzahl der Athemzüge; es nimmt daher zu, wenn bei gleicher Tiefe die Zahl der Athemzüge, oder bei gleicher Zahl die Tiefe wächst. Der Effect der Ventilation der Lunge würde dem geathmeten Luftvolum proportional sein, wenn die völlige Mischung der inspirirten Luft mit der Luft der Lunge momentan erfolgen würde. Da dies aber nicht in allen Fällen geschieht, so kommt es darauf an, in welcher Weise die Luft zugeführt wird. Findet nur eine geringe Mischung statt, wie bei flachen Athemzügen, so wird die Lunge wenig wirksam ventilirt, bei tiefem Athmen dagegen ausgiebig. Es ist also möglich, dass bei grösserer Lüftung der Lunge, d. h. bei grösserem eingeathmeten Luftvolum, doch eine geringere Wirkung der Ventilation eintritt, nämlich dann, wenn nur flach und häufig geathmet wird und die eben erst ein-

1) Diese Zeitschrift 1871 Bd. VII S. 199.

geathmete Luft, ohne in die tieferen Schichten der Lunge gelangt zu sein, rasch wieder entfernt wird. Man kann ebenso durch ein Zimmer bedeutende Luftmengen hindurchtreiben, ohne es gehörig und wirksam zu ventiliren, während vielleicht zu einer ausreichenden Ventilation eine ansehnlich geringere Luftmenge genügt, wenn man nur für eine innige Mischung der eintretenden Luft mit der im Zimmer enthaltenen Luft Sorge trägt.

Vierordt[1]) hat uns in dieser Beziehung zu meiner Genugthuung vollkommen verstanden, denn er sagt in seinem Lehrbuche über Lossen's Arbeit: bei häufigem willkürlichen Athmen bei sonstiger Körperruhe werden die Athemzüge oberflächlicher, so dass bloss die oberste Luftschicht des Athemapparates ventilirt wird; dann wird die Ausathmungsluft arm an Kohlensäure und es kann möglicherweise die absolute Kohlensäuremenge sinken, obschon das geathmete Luftvolum erheblich zunimmt.

Ich habe, um zu zeigen, dass es sich bei den von Lossen angegebenen Schwankungen nicht um eine veränderte Körperbeschaffenheit oder um Temperatureinflüsse handelt, mit Herrn Dr. Feder zwei Versuchsreihen angestellt, wobei Alles wie bei Lossen vorgerichtet war, nur wurden jedes Mal drei Versuche hinter einander gemacht, der erste mit weniger Athemzügen, dann einer mit mehr und endlich wieder einer mit weniger, so dass also eine allenfallsige Abnahme im zweiten Versuche rein hervortreten musste. Bei jedem Versuche wurden zwei Proben genommen.

Die Ergebnisse waren folgende:

Nr. des Versuchs	Zahl der Athemzüge in 1 Min.	Volum der in 15' ausgeathm. Luft in l	Volum eines Athemzugs in ccm	CO_2 in 1 l Athemluft in g	CO_2 in 15' in g	Dauer der Athmung vor d. Probenahme in Min.	Anmerkung
I. 1.	4	135,09	2251	0,0758	10,23	10	—
	4	126,90	2115	0,0668	8,49	30	—
2.	30	129,63	288	0,0461	5,97	15	—
	30	117,69	262	0,0562	6,60	30	sehr flach geathmet
3.	4	118,71	1978	0,0659	7,83	13	—
	4	217,38	3623	0,0546	11,85	26	tiefer geathmet

1) Grundriss der Physiologie des Menschen 1877, 5. Aufl. S. 256.

Nr. des Versuchs	Zahl der Athemzüge in 1 Min.	Volum der in 15' ausgeathm. Luft in l	Volum eines Athemzugs in ccm	CO_2 in 1 l Athemluft in g	CO_2 in 15' in g	Dauer der Athmung vor d. Probenahme in Min.	Anmerkung
II. 1.	4	101,10	1685	0,0874	8,85	11	—
	4	79,86	1331	0,0899	7,20	31	—
2.	30	130,26	289	0,0438	5,64	10	—
	30	132,84	295	0,0431	5,73	29	—
3.	4	67,11	1118	0,0891	5,97	9	so flach als möglich
	4	66,81	1113	0,0901	6,03	27	

Die Abnahme der Ausscheidung der Kohlensäure durch zahlreichere Athemzüge stellt sich mit aller Sicherheit heraus. Als Herr Dr. Feder bei der letzten Probe des Versuchs 3 der ersten Reihe absichtlich tiefer athmete, erschien ansehnlich mehr Kohlensäure, als er dagegen während der beiden Proben des dritten Versuchs der zweiten Reihe so flach als möglich respirirte und nur das halbe Luftvolum lieferte wie in dem zweiten Versuch derselben Reihe, kam nur wenig mehr Kohlensäure als bei den zahlreicheren Athemzügen. Bei 4 Athemzügen in der Minute richtet sich die Kohlensäuremenge ganz nach der Tiefe derselben; bei 30 Athemzügen ist die Tiefe und deshalb auch die Kohlensäure nur wenig verschieden.

Lossen schied bei 30 Athemzügen und einem Luftvolum von 121 l in 15 Minuten 7,18 g, bei 5 Athemzügen und einem Luftvolum von 75 l 7,96 g Kohlensäure aus; Feder producirte bei 30 Athemzügen und 128 l Athemvolum 5,99 g Kohlensäure, bei 4 Athemzügen und 71 l Athemvolum 6,40 g.

Ich will es unternehmen, Jeden in wenigen Stunden am Menschen von dieser Wirkung der Athembewegungen zu überzeugen. Um die Verminderung der Kohlensäure durch frequentere Athemzüge darzuthun, muss man nach dem Gesagten dieselben so flach als möglich machen, damit nicht durch die Anstrengung bei grösserer Tiefe mehr Kohlensäure erzeugt wird; zum einfachen Nachweis der Vermehrung nimmt man zahlreichere und tiefere Athmungen.

Die Athemmechanik hat also einen Einfluss auf die Kohlensäurebildung und auf die Zersetzung im Körper, nicht deshalb weil die Lunge ungleiche Mengen von Sauerstoff zuführt, sondern

weil dabei die Anstrengung der Muskeln eine verschieden grosse ist. Es versteht sich von selbst, dass wenn bei der Muskelthätigkeit des lebenden Menschen mehr Kohlensäure erzeugt wird, auch die Athemmuskeln einen Antheil daran haben müssen und dass bei stärkerer Leistung derselben mehr Kohlensäure erscheint. Ich habe daher stets darauf geachtet, bei Versuchen über die Fettzersetzung im Körper und über die Kohlensäureausscheidung die Bewegung des Thieres möglichst gleich zu halten, welche von viel grösserem Einflusse ist als die gewöhnlichen Differenzen in der Temperatur der umgebenden Luft oder die verschiedene Körperbeschaffenheit des gleichen Individuums innerhalb einiger Woehen. Kein Moment wirkt mächtiger auf die Quantität der Kohlensäure ein als die Muskelarbeit und die Nahrungszufuhr, was Lavoisier schon erkannt hatte; alle anderen treten dagegen zurück.

Es ist daher eine ungleiche Anordnung, wenn bei den Versuchen von Finkler und Oertmann die Kaninchen zuerst nach Willkür selbständig athmeten und dann künstliche Respiration eingeleitet wurde. Es tritt dabei der verschiedene Erfolg nicht so sehr hervor, weil das gewöhnliche ruhige Athmen nur eine geringe Kohlensäureproduction hervorruft und die starke Athmung künstlich für das Thier besorgt wurde.

Auch Speck deutet die Zunahme der Kohlensäure bei forcirtem Athmen zum Theil richtig, indem er sagt, dass dabei mehr Sauerstoff aufgenommen werde, um die Mehrabgabe der Wärme und die vermehrte Muskelthätigkeit zu decken.

Pflüger erwähnt an einer Stelle, die etwas grössere Arbeit der Athemmuskeln wäre zu geringfügig, um wesentlich in Betracht kommen zu können. An einer anderen Stelle (S. 27), wo er nach der Ursache der von Lossen gefundenen Verschiedenheiten der Kohlensäuremenge bei verschiedenem Athemrhythmus sucht, meint er: „jede stärkere ungewöhnliche Muskelanstrengung, wie sie hier vorliegt, bei einer Athmungsintensität, welche die Norm um mehr als das Doppelte übertrifft, bewirkt aber bekanntlich zwecklose Mitbewegungen in anderen Muskeln oder eine concurrirende grössere Spannung derselben; wäre es nun nicht sehr denkbar, dass diese in Folge der grösseren Anstrengung der Athemmuskeln inducirten

synergischen Contractionen die Ursache einer geringen Steigerung der Kohlensäurebildung sein können?" Ich habe nichts gegen diese Auffassung; wenn aber die zwecklosen Mitbewegungen anderer Muskeln eine solche Wirkung hervorzubringen vermögen, dann haben doch die ungewöhnlichen Anstrengungen der Athemmuskeln selbst einen noch weit beträchtlicheren Einfluss auf die Bildung der Kohlensäure.

6. Die Kälte bringt die Vermehrung der Kohlensäurebildung nicht ausschliesslich durch die intensiveren Athembewegungen und nicht durch die Herabsetzung der Eigenwärme des Thieres hervor.

Da in der Kälte durch den Einfluss gewisser Nerven zahlreichere und tiefere Athemzüge ausgelöst werden, so dass in grosser Kälte das Volumen der von Kaninchen geathmeten Luft um mehr als das Doppelte zunimmt, wie namentlich die Versuche von Leichtenstern darthun, so könnte man die grössere Zersetzung in der kalten Luft oder im kalten Bade ausschliesslich auf diese verstärkten Muskelbewegungen beim Athmen zurückführen wollen.

Als Lossen bei 30 Athemzügen in der Minute mit jeder Inspiration ein Mal 269^{ccm}, das andere Mal 442^{ccm} Luft einsog, schied er im letzteren Falle um 23% mehr Kohlensäure aus; in anderen Fällen war die Vermehrung wesentlich geringer. Die Steigerung der Kohlensäureausscheidung in der Kälte ist aber grösser, denn sie betrug beim Menschen bei einer Schwankung von 14,3° zu 4,4° 36%, bei der Katze bei einer Schwankung von 37° bis zu 83%. Da nun in der Kälte die Verstärkung der Athembewegungen beim Menschen nicht in sehr auffallendem Maasse sichtbar war, während erst die grössten Verschiedenheiten in der Athemrhythmik einen erheblichen Erfolg hervorbringen, so muss es, wenn auch ein Theil und unter Umständen ein nicht unbeträchtlicher Theil der in der Kälte gesteigerten Zersetzung auf die verstärkten Bewegungen der Athemmuskeln trifft, doch noch andere Ursachen des reichlichen Zerfalls und der Oxydation in der Kälte geben.

Man hätte früher vielleicht die Meinung hegen können, dass die Kälte, indem sie die Temperatur der Zellen herabsetzt, einen stärkeren Zerfall in ihnen bedingt, als er sich in höher tempe-

rirten Zellen findet. Es wären also dann die Bedingungen der Stoffzerlegung in den erkälteten Zellen günstiger gestellt.

Eine solche Wirkung ist schon deshalb nicht möglich, da bei den in unseren Versuchen angewandten Kältegraden, welche eine Erhöhung des Umsatzes hervorbringen, oder bei der angewandten Wärme sich die Temperatur des Körpers nicht änderte, so wenig wie bei den in verschiedenen Klimaten lebenden Menschen und Thieren.

Andererseits steht jetzt nach den vorher mitgetheilten Untersuchungen fest, dass bei Abnahme der Eigentemperatur des Körpers oder der Zellen die Zersetzungen geringfügiger werden. Wir wissen, dass bei Abkühlung die Lebenserscheinungen, welche ja die Folgen der Zersetzungen sind, darniederliegen; wir kennen z. B. den günstigen Einfluss der Wärme auf das Pulsiren des Punctum saliens oder des Froschherzens, und die Verlangsamung der Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Leitung im Nerven in der Kälte. Es ist aber auch durch die Verschiedenheit in der Kohlensäureausscheidung bei Kalt- und Warmblütern, ferner aus dem ausserordentlich geringen Verbrauch der Winterschläfer bei einer Körpertemperatur von etwa 10^0 das Gleiche dargethan worden. Die vorher angegebenen, unter Pflüger's Leitung angestellten Untersuchungen von Hugo Schulz über die Kohlensäureabgabe an Fröschen in der Kälte haben hierüber keinen Zweifel mehr gelassen.

Ich habe, um über den Einfluss der Herabsetzung der Eigentemperatur des Thieres auf den Stoffzerfall in einer gewissen Richtung mir einen Einblick zu verschaffen, ebenfalls schon vor Jahren an schlafenden Murmelthieren einige Respirationsversuche angestellt, die ich wegen ihrer Beziehungen zu vorliegender Arbeit hier einschalte.

7. Versuche am Murmelthier im Winterschlafe.

Es sind bekanntlich an Winterschläfern vielfach Versuche angestellt worden, da der merkwürdige Zustand dieser Thiere die Aufmerksamkeit in hohem Grade erregte. Der ausserordentlich geringe Gaswechsel während des tiefen Winterschlafes ist schon lange bekannt. Man hat dabei jedoch nicht rein die Wirkung der

Abkühlung des Körpers, sondern auch die der Unthätigkeit der Muskeln und anderer Organe.

Die älteren Untersuchungen der Athmung der Winterschläfer von Spallanzani, Prunelle, Mangili, Saissy und Marshall-Hall bieten keine genügenden Aufschlüsse.

Sichere Zahlen über die Respiration der Murmelthiere gaben zuerst Regnault und Reiset[1]), nachdem vorher von Sacc durch Wiegungen das sonderbare Resultat erhalten worden war, dass bei tief schlafenden Murmelthieren eine Zunahme des Körpergewichtes stattfindet, welche im Tag im Mittel 0,7 g betragen kann. 1 kg Thier gab im Respirationsapparate in 1 Stunde:

	Sauerstoff	Kohlensäure	Verhältniss
schlafend	0,040	0,023	40
weniger tief schlafend	0,085	0,064	55
wachend	0,774	0,641	69
wachend	1,198	1,316	80

Später hat sich Valentin[2]) mit dem Gegenstande eingehend beschäftiget und die Resultate in seinen werthvollen Beiträgen zur Kenntniss des Winterschlafes der Murmelthiere mitgetheilt. Er beobachtete ebenfalls die Gewichtszunahme im tiefsten Schlafe und fand sie zu 0,2—1,8 g im Tag. Er erhielt bei Untersuchung des Gaswechsels auf 1 kg Thier in 1 Stunde:

	Wasser	Sauerstoff	Kohlensäure	Verhältniss
im tiefsten Schlafe .	0,029	0,024	0,014	44
im ruhigen Schlafe .	0,025	0,047	0,033	51
im leisen Schlafe .	0,226	0,144	0,125	63
schlaftrunken . . .	—	0,575	0,569	72
wach	—	0,973	1,076	80

Vor allem interessant ist nach diesen Untersuchungen das sehr beträchtliche Sinken der Kohlensäureabgabe und der Sauerstoffaufnahme während des Winterschlafes bei einer Temperatur des Thieres von etwa 10° C. Im tiefen Schlafe ist die Menge der Kohlensäure etwa 77 Mal, die Menge des Sauerstoffs etwa 40 Mal geringer als im wachen Zustande. Es ist also unzweifelhaft, dass die Be-

1) Annalen der Chem. u. Pharm. 1850 Bd. LXX S. 275.

2) Moleschott's Unters. zur Naturlehre.

dingungen für den Zerfall der Stoffe im Körper bei niederer Temperatur desselben sehr herabgesetzt sind.

Die Kohlensäureausscheidung und der Sauerstoffverbrauch sinken jedoch nicht gleichmässig ab, sondern die erstere viel mehr als der letztere. Während im wachen Zustande das Verhältniss des aufgenommenen Sauerstoffs zu dem in der Kohlensäure enthaltenen wie 100 : 80 ist, fällt es im tiefsten Schlafe auf 44.

Regnault und Reiset haben zuerst die Gewichtszunahme des Thieres mit der verhältnissmässig grossen Menge des verzehrten Sauerstoffs in Verbindung gebracht. In 117 Stunden 45 Minuten nahm ein tief schlafendes Thier nach ihnen 13,088g Sauerstoff auf und gab nur 7,174g Kohlensäure aus; hätte dasselbe also kein Wasser verdunstet, so wäre es in dieser Zeit um 5,914g schwerer geworden. Da aber nach meinen gleich zu erwähnenden Bestimmungen ein Murmelthier im günstigsten Falle (Versuch 2) auf 100g Kohlensäure 42g Wasser verdampft, so würde im obigen Beispiele die Quantität von Kohlensäure und Wasser etwa 10,2g betragen, so dass die überschüssige Sauerstoffaufnahme für sich allein eine Gewichtszunahme von 0,6g in 24 Stunden decken würde. Nach dem anderen Falle (Versuch 1) dagegen würden Kohlensäure und Wasser (100 : 119) 15,8g ausmachen, so dass hier der Sauerstoff für sich allein keine Gewichtszunahme bewirken könnte. Ich glaube daher, dass Valentin wenigstens für manche Fälle Recht hat, wenn er auch die Aufnahme von Wasser durch das hygroskopische Horngewebe der äusseren Körperoberfläche bei einem Wechsel im Feuchtigkeitsgehalte der Luft bei der Gewichtsvermehrung betheiliget sein lässt.

Nach den Untersuchungen von Valentin ist im Winterschlafe sowohl die Menge des im Körper zerstörten Eiweisses als auch die des zerstörten Fettes geringer wie beim Hunger; ohne diese Einrichtung könnte das Thier nicht Monate lang ohne neue Zufuhr aushalten. Aus den Wiegungen Valentin's und seinen Berechnungen des Verlustes der Organe lässt sich entnehmen, dass 1kg Thier während des ganzen Winterschlafes im Mittel im Tag einen Gewichtsverlust von nur 2,04g erleidet und etwa 0,17g Eiweiss und 0,86g Fett einbüsst. Ein hungernder Hund verlor dagegen nach meinen Be-

stimmungen am zehnten Hungertage auf 1kg Körpergewicht 1,1g Eiweiss und 2,8g Fett. Das winterschlafende Thier zerlegt also verhältnissmässig weniger Eiweiss als Fett.

Es rührt dieser geringe Eiweisszerfall zunächst von der niederen Temperatur der Zellen und Gewebe, dann auch von der enormen Menge von Fett her, welche nach meiner Beobachtung beim Beginne des Winterschlafes und noch lange Zeit während desselben im Thiere angesammelt ist, und ferner von der schwachen Strömung der Ernährungsflüssigkeit durch die Gewebe, so dass nach Valentin das Blut verhältnissmässig lange Zeiträume selbst ganz ruhen kann. Die geringe Zerstörung von Fett ist wohl hauptsächlich durch die Abnahme der Muskelthätigkeit bedingt, da im Winterschlafe selbst das Herz und die Athemmuskeln nur sehr wenig Arbeit leisten. Den relativ grösseren Verbrauch des Fettes erkläre ich mir aus dem Vorhandensein der wenn auch schwachen Herz- und Athembewegungen. Im tiefen Schlafe ist übrigens die Fettzersetzung, wie ich nach Valentin's Angaben berechne, wesentlich geringer als die vorher für die ganze Winterschlafzeit angegebene mittlere Zahl.

Ich habe an einem Murmelthiere mit meinem kleinen Respirationsapparate zwei Versuche, einen beim Schlafe und einen im schlaftrunkenen Zustande, gemacht und dabei den Gaswechsel bestimmt. Ich theile dieselben vorzüglich wegen der dabei ermittelten Wasserabgabe und wegen einiger anderer am todten Thiere angestellten Bestimmungen mit.

1) Erster Versuch: 13.—15. Februar 1874; Dauer 48 Stunden beim Schlafe.

(Mittlere Temperatur des Versuchsraums 8° C.)

Gewicht des Thieres am Beginn		1796,0g	
" " " am Ende		1796,4	
		+0,4g	
Durchgeströmte Luftmenge . .	76899,8l		
Kohlens. d. einström. Luft . .	0,7281 0,7264	pro mille	
Kohlens. d. abström. Luft . . .	0,8885 0,8894	pro mille	
Wasser d. einström. Luft . . .	3,6043 3,6016	pro mille	
Wasser d. abström. Luft . . .	3,8803 3,8567	pro mille	

Daraus ergiebt sich für 48 Stunden:

Abgegebenes Wasser	14,82 g
Abgegebene Kohlensäure . .	12,54
Aufgenommener Sauerstoff .	27,76
Verhältniss	33

Auf 1 kg Thier und 1 Stunde berechnet, erhält man:

Wasser [1])	0,172 g
Kohlensäure	0,145
Sauerstoff	0,322

Es entsprechen diese Zahlen, nach den Resultaten von Regnault und Reiset und denen von Valentin, dem Verhalten beim leisen Schlafe.

Nach Versuchen am normalen Kaninchen, welche ich früher mit Dr. Rauber angestellt habe[2]), trafen im Mittel auf 1 kg Thier und 1 Stunde:

Wasser	1,01 g
Kohlensäure	1,08
Sauerstoff	0,81
Verhältniss	97

Es wird also beim schlafenden Murmelthier im Verhältniss zur Kohlensäure nahezu so viel Wasser (100 : 119) ausgeschieden wie beim Kaninchen (100 : 93) und also auch wohl wie beim wachenden Murmelthier.

2) Zweiter Versuch: 28. Febr. bis 3. März 1875; Dauer 75 Stunden 11 Minuten im schlaftrunkenen Zustande.

(Mittlere Temperatur des Versuchsraums 2,5° C.)

Gewicht des Thieres am Beginn	2980,4 g
„ „ „ am Ende	2929,5
	— 50,9 g

Durchgeströmte Luftmenge . .	51181,3 l	
Kohlens. d. einström. Luft . .	0,6184 0,6448	pro mille
Kohlens. d. abström. Luft . . .	2,7260 2,6914	pro mille
Wasser d. einström. Luft . . .	3,6516 3,7165	pro mille
Wasser d. abström. Luft . . .	4,1287 4,1242	pro mille

1) Nach Abzug von 5,60 g Wasser, welche von dem Tuch abdunsteten, in welches das Thier eingewickelt war.

2) Diese Zeitschrift 1872 Bd. VIII S. 591.

Dies giebt für 75 Stunden 11 Minuten:

Abgegebenes Wasser . . .	45,44 g
Abgegebene Kohlensäure . .	106,31
Aufgenommener Sauerstoff .	106,85
Verhältniss	77

Es berechnen sich auf 1 kg Thier und 1 Stunde:

Wasser [1])	0,203 g
Kohlensäure	0,474
Sauerstoff	0,411

Das Thier befand sich bei diesem Versuche nur in schlaftrunkenem Zustande, wahrscheinlich durch das Geräusch bei der Ventilation der Kammer gestört. Hier wird beträchtlich weniger Wasser wie Kohlensäure entfernt (100 : 43), was offenbar von den verstärkten Bewegungen des Thieres herrührt, welche eine grössere Kohlensäureproduction, aber nicht eine entsprechend grosse Wasserabgabe der Haut bedingten.

Ich habe das zu den eben mitgetheilten Versuchen verwendete Murmelthier zwei Tage nach dem letzten Versuche, während es schlief, getödtet und die Gewichte der Organe bestimmt.

Am 13. December 1874, als das Thier schon im festen Winterschlafe sich befand, wog es 3612,0 g, am 13. März 1875 nur mehr 2929,5 g; es hatte demnach in 80 Tagen um 682,5 g abgenommen, also im Tag im Durchschnitt um 8,5 g.

Das todte Thier wog 2907 g. Das Gewicht der hauptsächlichsten Organe betrug:

Darmkanal . . .	82,5 g	=	2,8 % des Körpergewichts
Haut mit Haaren .	486,5	=	16,7
Knochen	256,8	=	8,8
Muskeln	681,2	=	23,4
Fettgewebe . . .	882,0	=	30,3
Leber (ohne Galle) .	64,3	=	2,2
			84,4

Die Fettmenge in dem Unterhautzellgewebe und in der Bauchhöhle war eine ganz enorme, besonders wenn man bedenkt, dass das Thier schon den grössten Theil der Winterschlafzeit hinter sich hatte.

1) Nach Zurechnung des im Tuch befindlichen Wassers, welches vom Thiere abgegeben worden war.

Wenn man das Fettgewebe abrechnet, so geben die Organe folgende Procente des Körpergewichts:

Darmkanal . . .	4,0 %
Haut mit Haaren .	24,0
Knochen . . .	12,7
Muskeln	33,6
Leber (ohne Galle)	3,2

Dies macht für die Muskeln etwas weniger, für die Haut etwas mehr aus als bei einem normalen Thiere nach Abrechnung des Fettgewebes.

Auffallend ist, dass trotz der reichlichen Ansammlung von Fett im Leibe des Thieres der Fettgehalt in den Muskeln, der Leber und im Blute nicht grösser ist wie normal. Der Wassergehalt dieser Organe ist, wie schon Aeby angegeben hat, etwas geringer als der der gleichen Organe eines normalen Kaninchens. Es fanden sich nämlich:

	feste Theile	Wasser	Fett frisch	Fett trocken
in den Muskeln . . .	24,30	75,70	1,63	6,72
in der Leber	28,95	71,05	8,31	28,69
in dem Blute	19,02	80,98	0,22	1,16

Die Kreatinmenge in den Muskeln war nicht verändert. 157,6g Muskel gaben 0,4460g Kreatin bei 100° trocken oder 0,2957 %. Ich halte es für wichtig, dass auch im Winterschlafe, wo der Muskel so lange Zeit geruht hat, die Quantität des Kreatins keine andere ist als gewöhnlich.

Ich habe nun die Leber und die Muskeln auf ihren Gehalt an Glykogen untersucht und ganz beträchtliche Mengen davon aufgefunden.

In der 64,25g schweren, ganz frisch verarbeiteten Leber befanden sich 1,4275g Glykogen = 2,22 %. Zucker konnte in der Leber nicht nachgewiesen werden. Die Gallenblase war stramm gefüllt mit Galle (15g), welche die Gallensäurereaction aufs Intensivste gab.

In 103,0g Muskel waren 0,3822g Glykogen = 0,371 %. Im Blute konnte ebenfalls kein Zucker gefunden werden.

Obwohl also das Thier seit vier Monaten gehungert hatte, enthielten Leber und Muskeln doch eine ansehnliche Menge von Gly-

kogen, während man aus vielfachen anderen Erfahrungen weiss, dass nichts das Glykogen gründlicher zerstört als gerade der Hunger.

Die Menge des in der Leber und in den Muskeln des kleinen Thieres angesammelten Glykogens berechnet sich zu 3,95g. Diese Glykogenaufspeicherung in der Leber des winterschlafenden Säugethieres ist zuerst von Valentin und Schiff[1]) beobachtet worden; es fehlt nach ihnen Zucker und Glykogen, wenn die schlafenden Thiere im Winter zu Grunde gehen; tödtet man sie im Frühling vor dem Erwachen, dann finden sich Zucker und Glykogen nur in sehr geringer Quantität in der Leber vor. Aeby[2]) bestätigte diese Angaben; er vermochte bedeutende Mengen von Glykogen in der Leber der schlafenden Murmelthiere nachzuweisen.

Das Glykogen kann in diesem Falle nur bei dem Zerfalle von Eiweiss oder von Fett sich abgespalten haben; ohne Zufuhr von Kohlehydraten tritt es hier in so grosser Menge auf als sonst bei reichlichster Fütterung von Kaninchen mit Kohlehydraten, woraus hervorgeht, dass die Kohlehydrate dabei nur die Rolle spielen wie beim winterschlafenden Thiere der Ausfall der Muskelbewegung; sie veranlassen, dass das anderweit erzeugte Glykogen nicht weiter zerstört wird.

Wir ersehen demnach, dass trotz der niederen Temperatur des Organismus der Zerfall der Stoffe, der Qualität nach, in normaler Weise bis zu gewissen Stufen vor sich geht; wir finden z. B. Kreatin, Gallensäuren, Glykogen nicht vermindert, während die letzten Endproducte, wie Kohlensäure und Harnstoff, nur in sehr geringer Menge auftreten. Es zeigt uns dieses Verhalten, dass das Glykogen beim Hunger, obwohl wir es für gewöhnlich dabei nicht nachweisen können, doch erzeugt wird, nur muss im wachenden Zustande eine Ursache vorhanden sein, welche es alsbald wieder zerstört. Diese Ursache ist unstreitig die Muskelbewegung des wachenden Thieres. Beim tiefsten Winterschlafe wird noch Glykogen gebildet, aber es sammelt sich an, weil es bei der Ruhe des Thieres nicht weiter zerlegt wird.

---

1) Schiff, Unters. über die Zuckerbildung in der Leber 1859 S. 30.

2) Arch. f. exper. Pathologie 1875 Bd. III S. 180.

Ich bin nun geneigt, diese Glykogenansammlung im tiefen Winterschlafe theilweise in Beziehung zu bringen zu der Gewichtszunahme des Thieres und der im Verhältniss zur Kohlensäureausscheidung reichlichen Sauerstoffaufnahme. Wenn der Stoffzerfall nur bis zu gewissen Stufen vor sich geht, für welche schon eine Bindung von Sauerstoff stattgefunden hat, welche aber aus bestimmten Ursachen nicht weiter z. B. zu Kohlensäure und Wasser zerlegt werden, so bleibt Sauerstoff im Körper zurück, ohne dass er in der Kohlensäure und im Wasser alsbald entfernt wird. Bei den ersten Bewegungen des Thieres beim Erwachen müsste dann mehr Sauerstoff in der Kohlensäure erscheinen als in derselben Zeit Sauerstoff aufgenommen worden ist.

Alle Beobachter stimmen darin überein, dass im tiefen Winterschlafe ein auffallend grosser Sauerstoffverbrauch vorkommt, indem das Verhältniss des in den Körper eingetretenen Sauerstoffs zu dem in der Kohlensäure gleichzeitig wieder entfernten ein ganz anderes ist als bei wachenden Murmelthieren und bei anderen Säugethieren unter gewöhnlichen Verhältnissen.

Während dasselbe bei den wachenden Murmelthieren die Zahl 80 erreicht, wie bei Fleischfressern oder hungernden Pflanzenfressern, sinkt es im Winterschlafe bis auf 33 herab. Diese Erscheinung ist im höchsten Grade auffallend und geeignet auf die Vorgänge im Thierkörper bei der Oxydation ein helles Licht zu werfen. Weder Regnault und Reiset, noch Valentin haben sich über die Ursache derselben näher ausgesprochen.

8. Sauerstoffaufnahme beim schlafenden Menschen.

Pettenkofer und ich haben beim Menschen beim Schlafe und auch unter anderen Bedingungen die gleiche Wahrnehmung gemacht, d. h. dass unter Umständen verhältnissmässig mehr Sauerstoff aufgenommen wird und das Verhältniss des in das Blut aufgenommenen zu dem in der Kohlensäure gleichzeitig ausgeschiedenen Sauerstoffs eine kleinere Grösse darstellt, als sie sich bei vollständiger Verbrennung der Stoffe im Körper ergeben sollte.

Bei unseren beiden ersten Versuchen am Menschen mit dem grossen Respirationsapparate am 31. Juli 1866 bei möglichster

Ruhe und am 3. August 1866 bei starker Arbeit, bei welchen wir zum ersten Male den 24 stündigen Versuch in zwei gleiche Hälften, eine Tag- und eine Nachthälfte, theilten, hatten wir zu finden geglaubt[1]), dass während der Nacht wesentlich mehr Sauerstoff aufgenommen wird als unter Tags und zwar namentlich in den 12 Nachtstunden nach der Arbeit, ferner dass unter Tags ansehnlich mehr Sauerstoff in den Zersetzungsproducten ausgegeben wird als unterdess in den Körper eingetreten ist. Wir haben aus diesen beiden Versuchen geschlossen, dass am Tage beim Wachen ein beträchtlicher Theil der Kohlensäure auf Kosten des in einer vorausgegangenen Zeit der Ruhe und des Schlafes aufgenommenen Sauerstoffs erzeugt wird. Wo und wie dieser Sauerstoff aufgespeichert sein könnte, darüber vermochten wir nur Vermuthungen auszusprechen. Wir meinten damals in unserer ersten Mittheilung, der in den Körper eingetretene Sauerstoff werde nicht sofort zur Oxydation bis zu den letzten Producten der Verbrennung verwendet, es durchlaufe vielmehr die Oxydation Zwischenstadien, wobei der Sauerstoff stundenlang im Körper beschäftiget wird, ehe er in Form von Kohlensäure und Wasser wieder austritt. Später dachten wir allerdings auch an einen Vorrath von unverändertem Sauerstoff, wie er z. B. im Oxyhämoglobin sich findet.

Man hatte zwar schon früher bei Respirationsversuchen, welche nur kurze Zeit (10—20 Minuten) währten, die verschiedensten Verhältnisse des aufgenommenen und des in der Kohlensäure ausgeschiedenen Sauerstoffs aufgefunden, so z. B. geben Ludwig und Sczelkow und auch Kowalewsky[2]) Schwankungen in diesen Verhältnissen von 100 : 40 bis 131 an. Man konnte dies aber so erklären, dass die Bildung der Kohlensäure wohl gleichmässig mit der Sauerstoffaufnahme fortschreite, die Kohlensäure aber zeitweise im Blute und den Organen aufgestaut oder vorher aufgestaute abgegeben werde. Bei unseren längeren Versuchen schien es sich um eine so bedeutende Grösse in der Sauerstoffaufspeicherung

1) Sitz.-Ber. d. k. bayer. Akad. d. Wiss., math.-physikal. Cl., 10. Nov. 1866.
2) Sitz.-Ber. d. k. k. Akad. d. Wiss., math.-physikal. Cl., 1862 Bd. XLV Abth. 2 S. 171; und Ber. d. sächs. Ges. d. Wiss., math.-physikal. Cl., 30 Mai 1866.

zu handeln, dass die ihr entsprechende Kohlensäure nicht wohl im Körper verweilen konnte.

Pettenkofer und ich haben nun später[1]) bei dem nämlichen gesunden Manne nicht mehr die grosse Verschiedenheit in dem Sauerstoffverbrauch und in dem Verhältniss des eingeathmeten Sauerstoffs zu dem in der Kohlensäure enthaltenen gefunden wie bei unseren beiden ersten Versuchen. Es zeigte sich zwar auch fernerhin, dass eine Verschiebung in der Zeit der Sauerstoffeinnahme und der Wiederausscheidung desselben in der Form von Kohlensäure besteht, dass also in der That die Aufnahme von Sauerstoff und die Bildung der Kohlensäure bis zu einem gewissen Grade von einander unabhängig sind, aber diese Verschiebung erwies sich als ungleich geringfügiger und sie beschränkte sich nicht nur auf Tag und Nacht oder auf Wachen und Schlafen. Es war uns dieser Widerspruch zwischen den beiden ersten und den folgenden Versuchen stets räthselhaft geblieben.

Ich habe deshalb die Aufzeichnungen aller damaligen Versuche genau durchgesehen und bin dabei auf einen Fehler gestossen, welcher das eigenthümliche erste Resultat erklärt. Bei allen Versuchen nämlich, bei denen eine Trennung in eine Tag- und Nachthälfte stattfand, wurde, mit Ausnahme der beiden ersten Nr. 5 und 8 sowie der Versuche Nr. 7 und 9, das für die eiserne Bettstelle bestimmte gewogene Bettzeug erst Abends während des Wiegens des Menschen in die Kammer gebracht, worin es die Nacht über blieb und dann Morgens alsbald nach Schluss des 24stündigen Versuchs abermals gewogen wurde.

Bei den Versuchen 7 und 9 verblieb das Bettzeug Tag und Nacht in der Kammer, es wurde jedoch 3 Mal, nämlich Morgens, Abends und Morgens auf die Waage gelegt. In Nr. 7 hatte es in den 12 Tagstunden um 20^g, in den 12 Nachtstunden um 80^g an Gewicht abgenommen; in Nr. 9 nahm es unter Tags um 80^g zu, in der Nacht um 45^g ab.

Bei den ersten Versuchen (5 und 8) dagegen brachten wir das Bett in der Frühe in die Kammer, wogen es aber leider Abends

1) Sitz.-Ber. d. k. b. Akad. d. Wiss., math.-physikal. Cl., 9. Febr. 1867; diese Zeitschrift 1866 Bd. II S. 552.

nicht, sondern erst Morgens nach Ablauf von 24 Stunden, uns der Täuschung hingebend, dass das Gewicht des Bettes sich nur durch das Hineinlegen des Menschen verändere, obwohl wir aus unseren anderweitigen Erfahrungen hätten wissen können, dass dies durchaus nicht der Fall ist. Die Leinwand, die Federn und die Rosshaare setzen sich unter Tags schon mit dem Wassergehalte der durch den Apparat gesogenen Luft in einen Gleichgewichtszustand.

Im Versuch Nr. 5 hat nun das Bett in 24 Stunden um 130^g zugenommen, im Versuch Nr. 8 um 220^g. Wir haben diese Zunahme in fehlerhafter Weise nur auf die Nacht bezogen, während wohl ein Theil davon auch auf die 12 Tagesstunden trifft. Das vom Bett aus dem Luftstrome aufgenommene Wasser wird der inneren Luft entzogen, es wird also dadurch die Zahl für die Wasserabgabe vom Menschen unter Tags zu niedrig, die Zahl für die Nacht zu hoch berechnet, und in Folge davon fällt der Werth der Sauerstoffaufnahme für die Tagstunden entsprechend zu klein, für die Nachtstunden zu gross aus. Nehmen wir z. B. an, die Zunahme des Bettes hätte nur während der Tageszeit stattgefunden, so träfen im Versuch Nr. 5 auf den Tag 365^g Sauerstoff und auf die Nacht 344^g; im Versuch Nr. 8 auf den Tag 565^g, auf die Nacht 390^g.

Dass diese Erklärung wirklich richtig ist, geht aus den Ausscheidungsverhältnissen des Wassers hervor. Wir wunderten uns, wie aus unserem ersten Berichte an die Akademie hervorgeht, über die eigenthümlichen Werthe des vom Körper in den Tag- und Nachthälften dampfförmig abgegebenen Wassers, dessen Menge in gar keiner Beziehung zu der entsprechenden Kohlensäureausscheidung steht. Bei allen anderen Versuchen hält nämlich die Wasserabgabe von Tag und Nacht annähernd das gleiche Verhältniss ein wie die Kohlensäureabgabe in diesen Zeiten; nur in den Versuchen 5 und 8 ist dies wesentlich anders, es trifft in beiden Versuchen, nach der Kohlensäureausscheidung berechnet, beträchtlich zu wenig Wasser auf die Taghälfte und zu viel auf die Nachthälfte.

Ich bin sehr erfreut, diesen dunkeln Punkt endlich aufklären zu können. Es sind demnach die Sauerstoff- und Wasserzahlen der Versuche 5 und 8 zwar für die Zeit von 24 Stunden richtig,

jedoch nicht die für die Tag- und Nachthälften von uns angegebenen; sie sind unrichtig wegen eines Uebersehens, aber nicht wegen Mangelhaftigkeit des Apparates. Man hat sich häufig bei Beurtheilung der Verhältnisse des Sauerstoffs im Körper nur an diese beiden Versuche mit den auffallendsten Resultaten gehalten. Speck ist also z. B. vollkommen im Rechte, wenn er aus seinen Beobachtungen schliesst, dass so grosse Verschiebungen des Sauerstoffs und der Kohlensäure, wie es nach unseren beiden ersten Versuchen schien, beim Menschen nicht vorkommen. Alle unsere übrigen Versuche ergeben auch in dieser Beziehung wesentlich geringere Differenzen. Jedoch ist die Grösse des Gaswechsels, welche unter gleichen Körperverhältnissen selbstverständlich nur geringe Schwankungen zeigt, namentlich unter dem Einflusse der Nahrung und der Muskelarbeit sehr verschieden.

9. Ursachen der Verschiedenheiten in dem Verhältnisse des aufgenommenen zu dem in der Kohlensäure ausgeschiedenen Sauerstoffs.

Das Verhältniss des aufgenommenen zu dem in der Kohlensäure enthaltenen Sauerstoff, für das ich den von Pflüger vorgeschlagenen Namen: „respiratorischer Quotient“ gebrauchen will, muss aus mancherlei Ursachen ein sehr veränderliches sein.

Es kommt zunächst darauf an, zu was der Sauerstoff verwendet worden ist, d. h. in welche Substanz des Körpers er eingetreten ist. Wenn nur Eiweiss bis zu den letzten Ausscheidungsproducten verbrennt, so stellt sich jene Verhältnisszahl, nach Abrechnung des Stickstoffs als Harnstoff, zu 83 heraus, für Fett rechnet sie sich zu 73, für die Kohlehydrate zu 100. Ein ausschliesslich mit reinem Fleisch auf seiner Zusammensetzung sich erhaltender Fleischfresser wird also einen respiratorischen Quotienten 83 geben müssen; Pettenkofer und ich haben in diesem Falle thatsächlich durch den Versuch die Zahl 82 gefunden. Wenn das Thier neben Eiweiss noch Fett zerstört, so fällt die Verhältnisszahl gegen 73 zu, wie z. B. beim Hunger; wir kennen keinen im Körper verbrennenden Stoff, welcher vollständig oxydirt eine niedrigere Zahl geben könnte als das Fett. Bei Zersetzung von Kohlehydraten nähert sich der Quotient der Zahl 100, ja er kann durch die Ab-

trennung von Wasserstoffgas und von Grubengas sogar über 100 hinausgehen. Die Abhängigkeit der Verhältnisszahl von der Art der Nahrung ist schon von Regnault und Reiset hervorgehoben worden.

Der respiratorische Quotient wird also bei dem nämlichen Organismus aus diesen Gründen beständigen Schwankungen unterworfen sein. Bei einem Fleischfresser z. B. wird derselbe Nachts ein anderer sein als unter Tags, da er durch das während des Tags aufgenommene Futter und durch die Körperbewegung Eiweiss und Fett in einem anderen Verhältnisse zerstört als in der Nacht, wo er hungert und ruht. Er muss sich bei hungernden Thieren, wenn sie sich körperlicher Anstrengung unterziehen, anders gestalten als bei Ruhe derselben, denn im ersteren Falle wird im Verhältniss zum Eiweiss viel mehr Fett angegriffen. Der von gemischter Kost lebende ruhende Mensch wird einen höheren Quotienten geben als ein hungernder; daher auch unter Tags einen höheren wie Nachts, oder Nachts einen ähnlichen wie im ruhenden Zustande beim Hunger unter Tags. Der Pflanzenfresser dagegen, welcher meist seinen Magen mit gleichmässig zusammengesetztem Futter erfüllt hat, wird nur geringe Differenzen aufweisen.

In den 24stündigen Versuchen, wenn die Nahrungszufuhr so eingerichtet worden ist, dass der Körper beim Beginne und am Ende des Versuchs in nüchternem Zustande sich befindet und die Wirkung der Nahrung ganz ausgeglichen ist, dann ist die Verhältnisszahl entsprechend den eben angegebenen Normen.

Dies ist aber nicht der Fall, wenn man kleinere Zeitabschnitte herausgreift und alle möglichen Zwischenproducte des Zerfalls im Körper noch angesammelt sein können wie z. B. aus dem Eiweiss abgespaltenes Fett oder Glykogen oder Zucker.

Unter unseren Versuchen finden sich z. B. in einer Tag- oder Nachthälfte abnorme Quotienten vor.

Geht die Zahl beim Fleischfresser bei Aufnahme von Eiweiss und Fett oder beim Hungern wesentlich über 83 hinaus, beim Pflanzenfresser über 91, so sind Stoffe, welche früher bei ihrem Entstehen Sauerstoff aufgenommen hatten, weiter oxydirt worden oder es sind bedeutende Quantitäten von wasserstoffreichen Gasen z. B. Wasserstoffgas, Grubengas etc. entleert worden.

Es ergaben sich aber einige Male hohe Quotienten, welche auf die angegebene Weise nicht gedeutet werden können.

Bei gemischter Kost und bei Hunger wird nämlich in der Nacht nach einem Arbeitstage absolut weniger Sauerstoff aufgenommen als in der Nacht nach einem Ruhetage und auch weniger Kohlensäure ausgeschieden; zugleich ist auch die Verhältnisszahl eine abnorm hohe. Aehnlich ist es in der Nacht nach Aufnahme sehr eiweissreicher Nahrung. Nach starker körperlicher Anstrengung wird in der Nacht, offenbar wegen des tieferen Schlafes, absolut weniger stickstofffreie Substanz zersetzt und deshalb auch weniger Sauerstoff verbraucht. Warum aber dabei der Quotient so hoch ausfällt und mehr Sauerstoff in der Kohlensäure auftritt als unterdess aufgenommen worden ist, das ist schwer zu erklären. Man könnte meinen, dass während des Schlafes vorzüglich die in dem Abendessen verzehrten Kohlehydrate zerstört worden sind oder dass viel Grubengas entstanden ist. Dies ist aber nicht wohl möglich, da Nachts der Eiweisszerfall so gross wie am Tage war, ja bei der eiweissreichen Kost sogar den bei Tag ansehnlich überstieg, und da auch beim Hunger in der Nacht nach der Arbeit die Verhältnisszahl über 100 hinaufging. Es müssen in diesen Fällen Stoffe, welche reich an Wasserstoff und arm an Sauerstoff sind, unverändert bleiben, und es ist nur die Annahme möglich, dass das aus dem zersetzten Eiweiss entstandene Fett in dem tiefen Schlafe nach der anstrengenden Arbeit unzerstört abgelagert wird, wodurch der Quotient zunimmt.

Ist dagegen die Verhältnisszahl wesentlich niedriger als 73, so ist vorher aufgenommener Sauerstoff oder ein sauerstoffreiches Zwischenproduct, welches zu seiner Bildung schon Sauerstoff verzehrt hat, noch nicht ausgeschieden worden. Dass eine solche Aufspeicherung von Sauerstoff im Winterschlafe stattfindet, ist unzweifelhaft, und ich bin, wie gesagt, geneigt, hier die Anhäufung der glykogenen Substanz wenigstens zum Theil als die Ursache zu bezeichnen.

Es ist gewiss, dass Eiweiss, Fette und Kohlehydrate im Thierkörper nicht sofort bis zu den letzten Endproducten zerlegt werden, sondern dass mannigfache Zwischenproducte existiren, welche theil-

weise eine Zeit lang angehäuft bleiben können und dann erst später weiter zersetzt werden. Man wird diese Zwischenproducte vor allem einige Zeit nach der Nahrungsaufnahme erwarten dürfen. So ist es mit dem aus dem Eiweiss abgespaltenen Fett, dem ebenfalls aus dem Eiweiss entstandenen Glykogen oder dem Zucker bei Diabetes, den Gallensäuren, welche sich beim Hunger in der Gallenblase längere Zeit anhäufen. Bleiben Producte liegen, welche zu ihrer Bildung schon Sauerstoff in Anspruch genommen haben, dann wird verhältnissmässig zu wenig Sauerstoff ausgeschieden; werden dieselben später zerstört, so kann mehr Sauerstoff abgegeben werden als aufgenommen worden ist.

Es muss sich also nach diesen Darlegungen die Verhältnisszahl nicht nur je nach dem Stadium des Zerfalls der Stoffe verschieden gestalten, sondern es kann auch in gewissen Zeiträumen mehr Sauerstoff eintreten als entfernt wird und daher auch unter anderen Umständen mehr entfernt werden als eintritt.

Es sind in dieser Richtung namentlich Versuche während eines tiefen Schlafes von Interesse, um zu sehen, ob dabei wie im Winterschlafe der Quotient abnimmt. Die vorliegenden Nachtversuche am Menschen können kein schlagendes Resultat geben, weil die 12 Nachtstunden nicht völlig im schlafenden Zustande zugebracht wurden, sondern in sie nur die kürzere Schlafzeit fiel. Herr Dr. Lewin hat in letzter Zeit fünf solche Versnche am Menschen in meinem Laboratorium angestellt, über welche bald berichtet werden soll.

Ich habe mich bis jetzt vergeblich bemüht, Thiere für längere Zeit in ruhigen Schlaf zu versetzen; sowohl durch Morphium als auch durch Chloral entstand anfangs ein Zustand grosser Aufregung, und der darauffolgende Schlaf war nur zeitenweise ein ganz ruhiger und häufig durch Zuckungen des Thieres unterbrochen.

Ein solcher Versuch (vom 13. Mai 1875) an einem hungernden Hunde von 4952g Körpergewicht, welchen ich während 4 St. 25 M. im Chloralschlafe erhielt, ergab Folgendes:

Gewicht des Thieres am Beginn	4951,7g
„ „ „ am Ende	4938,7
	— 13,0g

Durchgeströmte Luftmenge . .	8042,4 l	
Kohlens. d. einström. Luft . .	0,7977 0,7900	pro mille
Kohlens. d. abström. Luft . . .	1,5457 1,5471	pro mille
Wasser d. einström. Luft . . .	8,4320 8,6164	pro mille
Wasser d. abström. Luft . . .	9,8819 9,8876	pro mille

Dies giebt für 6 Stunden berechnet:

Gewichtsabnahme	17,70 g
Kohlensäure	8,22
Wasser	14,83
Sauerstoff	5,42
Verhältniss	110

Für 1 kg Thier und 1 Stunde Zeit treffen:

Wasser	0,499 g
Kohlensäure	0,277
Sauerstoff	0,182

Es wurde also im Schlafe sehr wenig Kohlensäure ausgeschieden und sehr wenig Sauerstoff aufgenommen, viel weniger als bei einem wachenden Hunde gleicher Grösse; aber die Verhältnisszahl war nicht wie beim Winterschlafe eine niedrige, sondern eine abnorm hohe, ebenso wie beim Menschen in der Nacht nach starker Tagesarbeit offenbar durch die Zurückhaltung des bei der reichlichen Eiweisszersetzung abgespaltenen Fettes veranlasst. Auch Bauer und Boeck[1]) fanden in der Morphiumnarkose bei einem Hunde einen höheren Quotienten als normal.

10. Weitere Ursache der Steigerung der Kohlensäurebildung in der Kälte. Anschluss an die Erklärung Pflüger's und seiner Schüler.

Die niedere Temperatur der umgebenden Luft bewirkt also nicht durch eine Abkühlung der Organe den grösseren Verbrauch, da der in seiner Eigentemperatur herabgesetzte Körper nicht einen stärkeren Zerfall zeigt, vielmehr im Gegentheil nach allen Berichten weniger zersetzt; der Einfluss der Nahrung und der willkürlichen Bewegungen war fernerhin möglichst ausgeschlossen; die durch den

1) Diese Zeitschrift 1874 Bd. X S. 344.

Einfluss der Kälte auf gewisse Nerven hervorgerufene veränderte Athemrhythmik deckt nicht die beobachtete Zunahme der Kohlensäurebildung. Es bleibt daher nichts anderes übrig als noch weitere Wirkungen von Nerven auf die Zersetzungen im Organismus unter dem Einflusse der Temperatur der umgebenden Luft anzunehmen. Pflüger hat namentlich durch die in seinem Laboratorium angestellten Versuche eine Erhöhung des Stoffverbrauchs im Körper in Folge der Erregung sensibler Nerven in einer grösseren Anzahl von Fällen dargethan und am entschiedensten diese merkwürdige Wirkung der Nerven hervorgehoben.

Für gewisse mehr in die Augen springende Vorgänge ist eine solche Beeinflussung durch Nerven schon lange bekannt. Wenn bei willkürlichen Bewegungen durch Vermittlung der Nerven die Muskeln zur Contraction gebracht werden, so findet ein reichlicherer Zerfall stickstofffreier Stoffe in den letzteren statt; das Gleiche muss selbstverständlich stattfinden bei einer von einem sensiblen Nerven aus eingeleiteten Reflexbewegung. Aehnlich ist es, wenn vom Nerven aus die Secretion der Speicheldrüsen eingeleitet wird, welche von einer Vermehrung des Stoffverbrauchs begleitet ist.

Als Pettenkofer und ich fanden, dass vom Menschen während des Schlafes so viel weniger Kohlensäure austritt und weniger Sauerstoff aufgenommen wird als unter Tags bei möglichster Ruhe, da äusserten wir uns[1]: „man sieht also, dass das blosse Wachen, das blosse Aufnehmen von sinnlichen Eindrücken schon auf den Stoffwechsel wirkt, dass sich die Kohlensäurebildung dadurch vermehrt wie bei Muskelarbeit, und es wird uns verständlich, warum manche Kranke bitten, man solle die Fenster verhängen und kein Geräusch machen und sie nicht anreden. Jede Wahrnehmung ist mit einer Ausgabe verbunden."

Dies ist nun für einzelne Nerven, vorzüglich durch Pflüger und seine Schüler, näher untersucht worden.

Nachdem Röhrig und Zuntz darauf hingewiesen hatten, dass das kalte Bad durch Wirkung auf die Hautnerven bei Kaninchen eine Vermehrung der Kohlensäureausscheidung hervorruft, versuchten

1) Sitz.-Ber. d. k. b. Akad. d. Wiss. 10. Nov. 1866.

sie auch andere Hautreize. In einem Bad von Seewasser oder Soole wurde von den Thieren etwas mehr Kohlensäure abgeschieden und mehr Sauerstoff verzehrt als in einem Bad von Süsswasser.

F. Paalzow[1]), ein Schüler Pflüger's, wendete ebenfalls Hautreize und zwar Senfteige an und sah an aufgebundenen und tracheotomirten Kaninchen gleich nach der ersten Wirkung des Reizes während 15 Minuten ohne stärkere Muskelbewegungen des Thieres, aber bei tieferen, jedoch nicht wesentlich zahlreicheren Athemzügen, eine Vermehrung in der Kohlensäureabgabe und in der Sauerstoffaufnahme auftreten.

Mit dem Einflusse des Lichtes auf die Kohlensäureausscheidung hat sich zuerst Moleschott[2]) beschäftiget; er hat das Verdienst, die anregende Wirkung des Lichtes auf den Stoffverbrauch im Thiere zuerst nachgewiesen zu haben. Später haben Jos. Chasanowitz[3]), Bechard, Selmi und Piacentini, Pott[4]), Pflüger und Platen[5]) die gleiche Frage untersucht. Moleschott arbeitete an geblendeten Fröschen; Chasanowitz sah bei Fröschen und Meerschweinchen während einer Stunde im Dunkeln, selbst nach Durchschneidung des Rückenmarks, stets um etwa 30% weniger Kohlensäure auftreten als im Hellen. Pott verwendete Mäuse zu seinen Untersuchungen von 1 Stunde Dauer über die Kohlensäureabgabe in verschiedenfarbigem Lichte, wobei sich jedoch nicht unbeträchtliche Ungleichartigkeiten ergaben; Selmi und Piacentini brachten Hunde in mit hellen und dunkeln Gläsern bedeckte Kasten. Platen endlich stellte an Kaninchen, denen er abwechselnd die Augen mit weissen und schwarzen Gläsern bedeckte, fest, dass das Auge den Einfluss des Lichtes vermittelt; es zeigte sich in Versuchen von 31 Minuten Dauer im Mittel im Hellen eine um 14% grössere Kohlensäureausscheidung und eine um 16% grössere Sauerstoffaufnahme als im Dunkeln.

---

1) Arch. f. d. ges. Physiol. 1871 Bd. IV S. 492.

2) Wien. med. Wochenschrift 1853 S. 161 und 1855 Nr. 43 S. 681.

3) Ueber den Einfluss des Lichtes auf die Kohlensäureausscheidung im thier. Organismus; diss. inaug. Königsberg 1872.

4) Vergl. Unters. über die Mengenverhältnisse durch Respiration und Perspiration ausgeschied. Kohlensäure; Jena 1875, Habilitationsschrift.

5) Arch. f. d. ges. Physiol. 1875 Bd. XI S. 263.

In ganz ähnlicher Weise scheint nun auch die Kälte auf die peripherischen Enden der Nerven zu wirken.

Es frägt sich zunächst, in welchen Organen durch die Nervenerregungen der grössere Stoffverbrauch stattfindet. Es ist unzweifelhaft, dass in den thätigen Nerven mehr zersetzt wird, aber die Masse der Nerven und wohl auch der Nervencentralorgane, welche nicht mehr als 3% des ganzen Körpergewichtes ausmachen, ist zu gering, um für sich allein einen irgend erheblichen Einfluss auf die Gesammtzersetzung auszuüben.

Es haben daher mit Recht Röhrig und Zuntz vorzüglich auf die Muskeln, welche 42% des Körpers und ohne das Skelett 50% desselben betragen, und in welchen jedenfalls ein sehr beträchtlicher Theil der Zersetzungsproducte erzeugt wird, hingewiesen. Bei manchen Versuchen sind es gewiss einfache Muskelbewegungen, zu welchen die Thiere und Menschen durch die Reize getrieben wurden, gewesen, welche eine Erhöhung der Zersetzung bewirkt haben, so z. B. bei manchen Versuchen im kalten Bade, wo das Eintauchen der Thiere sicherlich im Anfange sträubende Bewegungen der Glieder und eine Aenderung in der Thätigkeit der Athemmuskeln bedingt. Auch bei Application von Hautreizen sind verstärkte Bewegungen wahrscheinlich, dann auch bei frei sich bewegenden kleinen Thieren wie Mäusen und Meerschweinchen, welche in der Dunkelheit und Helligkeit in verschiedenem Grade sich bewegen.

Ich bin jedoch vollkommen überzeugt, dass auch bei Ausschliessung jeder freiwilligen Körperbewegung doch ein Einfluss jener Factoren auf die Zersetzung stattfindet.

Liebermeister hat bei Betrachtung der Ursachen der Wirkung der Kälte auf den Umsatz ausgesprochen, dass die Kälte die peripherischen Nerven erregt und dadurch reflectorisch die Wärmebildung direct und ohne Hilfe der Organleistung anregt. Röhrig und Zuntz gingen noch einen Schritt weiter, indem sie die Muskeln als die Organe bezeichneten, in denen der Mehrzerfall stattfinde; von den sensiblen Nerven der Haut aus soll durch Reflex auf den Stoffumsatz der Muskeln ohne mechanischen Effect gewirkt werden, und zwar entweder durch die motorischen Nerven

wie bei der Contraction oder auf dem Wege der vasomotorischen Nerven. In ähnlichem Sinne sprach sich Pflüger und dann auch Colasanti[1]) aus, indem sie bei Warmblütern die durch die Temperaturzustände der Haut ausgelösten Temperaturempfindungen reflectorisch die Organe, besonders die Muskeln, innerviren lassen, wodurch im Wesentlichen die Muskeln der Herd der regulirenden Wärmeproduction werden.

Diese Bedeutung der Muskulatur für die Erhaltung der Eigenwärme des Thieres hat auch S. Samuel[2]) durch sehr interessante Versuche erwiesen. Bei Kaninchen ist nach Ausschaltung der Extremitätenmuskulatur durch Durchschneidung der Nerven oder Abbindung der Gefässe die Wärmeproduction so herabgesetzt, dass die Eigenwärme sich bei einer Aussentemperatur von 0° nicht erhält; im ersten Falle hat man einen völlig ruhenden Muskel, im letzteren dazu noch die Aufhebung der Zufuhr des Ernährungsmaterials.

Das gleiche geht hervor aus der von Pflüger ermittelten Thatsache, dass nach Lähmung der Muskeln durch Curare die Temperatur regulirende Wärmeproduction aufgehoben ist und der Stoffwechsel stets der Temperatur des Körpers proportional geht.

Der Einfluss auf die Muskeln könnte in einer beständigen gelinden Innervation und Contraction der Muskeln, hervorgerufen durch alle die Nerven treffenden Anregungen, also in einem Reflextonus, bestehen oder in einer directen Wirkung auf den Stoffumsatz ohne Muskelzusammenziehung.

Wenn wir von Nerven aus auf irgend ein Organ einwirken, so können wir uns dies vorläufig nicht anders denken, als dadurch dass die kleinsten Theilchen der Nerven und Organe in Bewegung gerathen. Man kann daher ganz allgemein sagen, dass bei der durch diese Bewegung stattfindenden anderen Lagerung der Theilchen sich die Bedingungen für die Stoffumsetzungen günstiger gestalten. So scheint es in den Nerven oder in den Speicheldrüsen zu sein, wo die Erregung der Nerven einen mächtigen Einfluss auf die chemischen Vorgänge ausübt, ohne dass wir im Stande sind eine Aenderung

1) Arch. f. d. ges. Physiol. 1876 Bd. XIV S. 454.

2) Ueber die Entstehung der Eigenwärme und des Fiebers 1876.

in der Gestalt der Nerven oder der Drüsen zu erblicken. Wirkt der Nerv aber auf die Muskeln, so führt die Bewegung der kleinsten Theilchen desselben zu einer Formänderung des Organes; hier begünstiget wiederum nur die Aenderung in der Lagerung der Theilchen die Zersetzungsbedingungen, die Formänderung oder die Leistung von Arbeit nach aussen ist im Wesentlichen nicht das Bestimmende dafür. Es wäre daher möglich, dass durch einen Nerveneinfluss schon bevor eine Aenderung in der Gestalt des Muskels erfolgt, der Stoffumsatz eine Erhöhung erfährt, welche beim Uebergang zur Contraction sich noch steigert. Es tritt aber vielleicht schon bei der schwächsten Nervenreizung eine Formänderung im Muskel auf, so dass es sich hier um einen wahren Reflextonus handelt, wie mir wahrscheinlicher dünkt.

Man sagt schon im gewöhnlichen Leben, dass uns die Wärme erschlafft, die Kälte aber in Spannung versetzt. Wenn wir uns beobachten, so können wir diesen Zustand der Spannung der Muskeln in der Kälte, welcher unmerklich in wirkliche Contractionen bei dem Zähneklappern und Muskelzittern übergeht, wohl bemerken.

Während des Schlafes, bei Abhaltung aller Anregungen von aussen, sind die Muskeln völlig erschlafft; beim Uebergang in den wachen Zustand bemerken wir, ohne eigentliche Bewegung der Glieder ein Anspannen der Muskeln, das bei Zunahme der Erregung direct in Muskelbewegungen sich fortsetzt. Die stramme Haltung eines kräftigen Mannes ist durch nervöse Einwirkungen auf die Muskeln bedingt und unterscheidet sich auffallend von der Erschlaffung in der Erscheinung eines matten Kranken oder eines in tiefer Traurigkeit versunkenen und gebeugten Menschen. Jedermann kennt das Ansehen, welches ein schläfriger oder langweiliger Mensch im Gegensatze zu einem frischen und lebendigen darbietet. Wir sagen von einem durch ein Ungemach Niedergedrückten ganz treffend: er lässt die Flügel hängen.

Wir alle kennen ferner den Einfluss, welchen die Musik auf den ganzen Menschen ausübt; ein Regiment, das nach einem ermüdenden Marsche kaum mehr vorwärts kommt, wird durch die Töne der Trompeten zu neuen Leistungen erweckt. Wenn wir eine schwierige Musik mit gespannter Aufmerksamkeit verfolgen, so

nimmt unser Körper eine ganz bestimmte Haltung durch Contraction gewisser Muskeln ein, und es strengt dieselbe nicht nur unser Gehirn, sondern auch die Muskeln an und macht sie müde.

Ganz ähnlich ist die auf den ganzen Körper sich erstreckende Wirkung des Lichtes. Man braucht nur eine Versammlung zu beachten, welche einige Zeit zum Zwecke einer objectiven Darstellung in einem verdunkelten Raume sich befand, wie plötzlich, wenn das volle Licht wieder zugelassen wird, sich die ganze Situation verändert; Alle richten sich aus einer etwas gebückten, lässigen Haltung auf und athmen nach den vorhergehenden seichten Athemzügen tief ein. In der Dunkelheit verfallen wir darum leicht in einen schlafähnlichen Zustand. Nach dem Schlafe werden wir erst recht wach und frisch durch die Einwirkung der hellen Morgensonne oder durch Waschungen des Körpers mit kaltem Wasser. Der Unterschied unseres ganzen Körperzustandes an Tagen, an welchen ein trüber Himmel die Sonne verbirgt, und an heiteren wolkenlosen Tagen drückt sich selbst durch die Statistik der Selbstmorde aus.

Röhrig und Zuntz führen einen grossen Bruchtheil der normalen Zersetzungen im scheinbar ruhenden Muskel auf solche Reflexionswirkungen vom Nerven aus zurück. Sie haben im warmen Bade, wo die Differenz zwischen der Temperatur des Körpers und der der umgebenden Luft wegfällt, eine Verminderung der Zersetzung beobachtet, namentlich aber haben sie bei curarisirten Thieren, wo alle Einflüsse auf die Muskeln aufhören, eine enorme Herabsetzung in dem Gaswechsel wahrgenommen. Zuntz[1]) hat später nochmals zwei Versuche der Art an Kaninchen gemacht, da die früheren durch Aufstauung der Kohlensäure und durch das Sinken der Körpertemperatur für Kohlensäure und Sauerstoff zu niedere Werthe ergeben hatten. Er fand dabei im Mittel eine Abnahme in der Menge der Kohlensäure um 58%, in der des Sauerstoffs um 53%. Ausserdem hat Colasanti[2]) neuerdings bei dem Durchleiten von normalem und mit Curare versetztem Blut durch die Hinterschenkel eines Hundes keinen Unterschied in der

1) Arch. f. d. ges. Physiol. 1876 Bd. XII S. 522.
2) Arch. f. d. ges. Physiol. 1877 Bd. XVI S. 157.

Reduction desselben, also keinen unmittelbar hemmenden Einfluss des Curare auf die Oxydationsprocesse beobachtet.

Von Jolyet[1]) liegen je zwei Bestimmungen der Kohlensäureausscheidung an curarisirten und morphinisirten Hunden vor, bei denen sich ebenfalls, wenigstens im Vergleich mit den von Regnault und Reiset angegebenen Werthen, eine sehr beträchtliche Verminderung der Kohlensäureausscheidung ergab. Bauer und Boeck ermittelten in der Morphiumnarkose eine Abnahme von 27% in der Kohlensäure und von 34% im Sauerstoff. Im Schlafe betrug beim hungernden Menschen die Kohlensäureausscheidung bei unseren Versuchen im Mittel um 28% weniger als am Tage; der Unterschied ist in Wirklichkeit noch grösser, da der Mann nicht fortwährend in den 12 Nachtstunden schlief.

Nach Durchschneidung des Rückenmarks bei Kaninchen hatte schon Erler eine Abnahme der Kohlensäureausscheidung um 80% gefunden; ebenso nahm Pflüger nach Abtrennung des Rückenmarks zwischen dem 6—7. Halswirbel ein starkes Absinken des Stoffwechsels wahr. Es ist möglich, dass dieser Abfall zum Theil auf die Abkühlung des Thieres zurückzuführen ist.

Ich habe bei einem Menschen, bei dem die Wirkung der Nerven auf einen grossen Theil der Muskeln des Körpers ausgeschlossen war, die Grösse der Kohlensäureausscheidung untersucht. In der Klinik meines verehrten Collegen von Ziemssen lag ein 28jähriger, sehr kräftig gebauter Mann von 65,5 kg Gewicht[2]), welcher am 13. Juli 1876 durch einen Sturz von grosser Höhe einen Bruch des achten Brustwirbels erlitten hatte. Die unteren Extremitäten waren vollständig dem Einflusse des Willens entzogen und empfindungslos; ebenso der Rumpf bis zum Verlauf des achten Intercostalnerven. Temperatur, Puls und Athmung waren normal; die gelähmte Muskulatur war schlaff und ihre Erregbarkeit bedeutend herabgesetzt. Nur durch die Sinnesorgane des Kopfes und der oberen Extremitäten konnten noch Uebertragungen auf die Muskeln dieser Theile stattfinden. Ausserdem wurde dem Manne strengstens untersagt, während der Untersuchung Bewegungen mit den Armen aus-

1) Gaz. méd. 1875 Nr. 7.

2) Am 10. August gewogen.

zuführen, und so lag er regungslos, bis auf die schwachen Bewegungen der Athemmuskeln, 4 Stunden in der Kammer des grossen Respirationsapparates bei einer Temperatur von 22° C. Er hatte den Abend vorher zum letzten Male gegessen und war von da ab bis nach Beendigung des Versuchs, der am 1. August 1876 von $8^h\ 53^m$ Vormittags bis $12^h\ 53^m$ Nachmittags stattfand, nüchtern; er befand sich also dabei im Hungerzustande.

Es wurde nun erhalten:

Durchgeströmte Luftmenge . .	47626,1 l	
Kohlens. d. einström. Luft . .	0,5598 0,5766	pro mille
Kohlens. d. abström. Luft . . .	2,3124 2,3184	pro mille
Kohlens. in 4 Stunden	83,21 g	

In 12 Stunden hätte demnach der Mann 250 g Kohlensäure abgegeben. Unter gleichen Ernährungsverhältnissen schied der von Pettenkofer und mir untersuchte Mann bei Ruhe und Hunger in 12 Tagesstunden im Mittel 403 g, in 12 Nachtstunden 314 g Kohlensäure aus. Der gelähmte Mann hat demnach um 38 % weniger Kohlensäure geliefert als der gesunde Mann bei geringfügiger Bewegung am Tag und um 20 % weniger als der gesunde Mann in der Nacht.

Die Verminderung des Umsatzes in Folge der Lähmung der Muskeln und der Empfindungslosigkeit der Haut ist gewiss nicht unansehnlich, denn der Verbrauch ist sogar nicht unbedeutend geringer als beim normalen Manne während des Schlafes.

Nach allem dem wird durch die auf unsere Sinnesorgane wirkenden Reize durch Uebertragung auf die Organe des Körpers beständig eine Anregung der Zersetzungen im Organismus ausgeübt. Man kann jedoch nicht annehmen, dass ohne diese Einwirkung kein Stoffzerfall stattfindet, da organisirte Gebilde, auf welche keine Nerven einwirken, noch einen Verbrauch zeigen. Niedere thierische Organismen, freie Zellen des Thierkörpers, Hefezellen und Pflanzenzellen überhaupt, ohne Nerven, haben noch, und zwar manche in hohem Grade, die Eigenschaft, Stoffe zu zerlegen. Aber die Intensität dieser Umwandlung wird durch den Nerveneinfluss geändert. Die Nerven sind nicht die Ursachen des Zerfalls, wohl

aber wirken sie modificirend auf diese Ursachen ein, sie vermögen die Bedingungen dafür günstiger zu stellen. Das Verhalten der Nerven in dieser Beziehung ist ähnlich dem des Nervus vagus auf das Athemcentrum, welches auch ohne diesen Nerven thätig ist, aber von ihm in dem Grade seiner Thätigkeit bestimmt wird.

Man meint nun häufig, namentlich in ärztlichen Kreisen, dass die Erhöhung oder Aenderung des Stoffwechsels bei einem Hautreiz, bei Kälte der umgebenden Luft, bei einem kalten Bad etc. das Bedeutungsvolle sei und dass mit der Constatirung eines solchen Einflusses die Wirkung eines Agens für den Körper erklärt sei. Der Stoffwechsel kann aber in demselben Maasse auch erhöht werden durch etwas mehr Speise, durch eine geringfügige körperliche Bewegung oder local in einem Nerven durch einen unterbrochenen elektrischen Strom. Niemand wird aber behaupten wollen, dass durch einige Bissen Brod oder einen Spaziergang ein Hautreiz oder ein kaltes Bad oder der elektrische Strom ersetzt werden können. Der Hunger bringt eine Herabsetzuug des Stoffwechsels hervor; auch der Schlaf thut das gleiche, ohne dass man sagen darf, der Schlaf empfange seine Bedeutung durch den in ihm stattfindenden geringeren Stoffverbrauch. Der Zerfall chemischer Verbindungen ist uns vielmehr nur ein Ausdruck und Maassstab für die anderen Vorgänge in den Organen, wegen deren wir jene Reize anbringen und den Schlaf geniessen.

Im ersten Falle handelt es sich um die Einleitung einer Bewegung in den kleinsten Theilchen der Nerven, der Nervencentralorgane, der Muskeln etc. und um eine Einwirkung auf alle diese Organe oder auf einzelne derselben, wodurch sie in gesteigerte Thätigkeit versetzt werden. Beim Schlaf findet sich im Gegensatz dazu Ruhe und Ausruhen der Theile des Körpers. Die Aenderung des Stoffwechsels ist hierbei eine secundäre und theilweise nebensächliche Erscheinung.

11. Kohlensäureausscheidung und Sauerstoffaufnahme sind kein genaues Maass des Stoffwechsels.

Man betrachtet in der neueren Zeit häufig die Kohlensäureausscheidung und die Sauerstoffaufnahme als ein Maass des Stoff-

wechsels im thierischen Organismus und auch als proportional der Wärmeproduction. Es ist dies im grossen Ganzen wohl richtig, jedoch verdient die Sache, ihrer Wichtigkeit halber, eine nähere Erörterung.

Man hat bekanntlich früher unter dem Worte „Stoffwechsel", z. B. nach Liebig's Auffassung, nur den Untergang organisirter Theile des Körpers verstanden, und da man das Eiweiss ausschliesslich als denjenigen Stoff ansah, der die Organisation bestimmt, die übrigen Stoffe der Zelle dagegen wie in einen Schwamm eingesaugt sein liess, so sprach man ausschliesslich von einem Zerfall des Eiweisses bei dem Stoffwechsel und zwar in Folge der Muskelthätigkeit; was mit dem Eiweiss anderer Organe z. B. dem der Leber geschehen soll, darüber äusserte man sich nicht im Besonderen. Das Fett und die Kohlehydrate sollten darnach nicht im Stoffwechsel zu Grunde gehen, sondern in der Respiration d. h. durch einfache Oxydation im Blute. Die Zersetzung des Eiweisses suchte man zu messen durch den Stickstoff- oder Harnstoffgehalt des Harns, und so kam man zu dem Ausdruck: „der Harnstoff als Maass des Stoffwechsels".

Man lernte aber nach und nach einsehen, dass die Eiweisszersetzung kein Maass für den Stoffwechsel ist, da ausser dem Eiweiss noch andere Stoffe ebensogut „im Stoffwechsel" zerlegt werden. Aber sowenig wie der Stickstoff im Harn und Koth ist die Kohlensäureausscheidung oder die Sauerstoffaufnahme ein genaues Maass für den Verbrauch im Körper, wenn auch ein zuverlässigeres wie der Stickstoff, weil sowohl die stickstoffhaltigen als auch die stickstofffreien Stoffe, welche im thierischen Organismus zerstört werden, Kohlenstoff enthalten und zwar wesentlich mehr wie Stickstoff.

Durch die Bestimmung der letzten Zersetzungs- und Ausscheidungsproducte können wir uns bis zu einem gewissen Grade Aufschlüsse über die im Körper zersetzten Stoffe verschaffen. Während Lavoisier nur die Verschiedenheiten der Kohlensäureaushauchung und des Sauerstoffverbrauchs untersuchte und noch nicht im Stande war zu entscheiden, aus welchen Stoffen der in der Kohlensäure enthaltene Kohlenstoff stammt, hatte Liebig die Möglichkeit gelehrt, aus den ausgeschiedenen Stoffen auf die im

Körper zersetzten Stoffe zurückzuschliessen und so eine der wichtigsten Aufgaben für den Physiologen geschaffen. Dieses Bestreben war es vorzüglich, was Bischoff, Pettenkofer und mich bei unseren Versuchen leitete, da man nur dann in die Ernährungsverhältnisse des Körpers, in den Werth der einzelnen Nahrungsstoffe und Nahrungsmittel einen Einblick erhält. Der Vergleich des in den Darm in verschiedenen Gemischen von Nahrungsstoffen eingeführten Stickstoffs und Kohlenstoffs mit dem in den Excreten enthaltenen Stickstoff und Kohlenstoff giebt uns Aufschlüsse über die Vorgänge im Körper bei der Ernährung. Wenn hier auch noch allerlei Schwierigkeiten entgegenstehen, so hat sich doch eine Anzahl wichtiger Thatsachen herausgestellt, aus denen manche Schlussfolgerungen zu ziehen waren. Es war z. B. gewiss von Bedeutung, als es gelang, bei einem Hunde den in einer grossen Portion Muskelfleisch dargereichten Stickstoff und Kohlenstoff im Laufe von 24 Stunden in den Excreten vollständig wieder aufzufinden und zu zeigen, dass das Thier ebensoviel Sauerstoff in sich aufnahm, als nöthig ist um das verzehrte Fleisch in die Ausscheidungsproducte umzuwandeln; es war dadurch bewiesen, dass wirklich das verzehrte Fleisch und nichts anderes zerstört wurde.

Um also ein Maass für den Stoffwechsel zu bekommen, müsste man die Menge aller in einer gewissen Zeit im Körper in Zersetzung gerathenen Stoffe kennen. Nehmen wir an, es kämen im grossen Ganzen bei Nahrungszufuhr nur Eiweiss, Fett und Zucker in Zerfall, so ist nicht die gleiche Quantität von Sauerstoff für alle drei bis zur völligen Oxydation nöthig und es werden dabei nicht die gleichen Mengen von Kohlensäure geliefert.

100^g Eiweiss haben nach Abzug des Stickstoffs in der Form von Harnstoff zur vollständigen Verbrennung 150^g Sauerstoff nöthig und liefern 210^g Kohlensäure. 100^g Fett brauchen zu dem gleichen Zwecke 288^g Sauerstoff und geben 281^g Kohlensäure. 100^g Traubenzucker nehmen 107^g Sauerstoff in Anspruch und bilden 147^g Kohlensäure.

Da nun die drei genannten Stoffe nicht immer in gleichen Verhältnissen in demselben Organismus verbrennen, sondern unter verschiedenen Umständen die verschiedenartigsten Mengen derselben,

so kann die Sauerstoffaufnahme kein getreues Maass für den Stoffwechsel sein.

Ich habe z. B. ein- und denselben Hund annähernd auf seinem Stoffbestande erhalten mit 1500g Fleisch, ferner mit 450g Fleisch unter Zusatz von 159g Fett und endlich mit 436g Fleisch unter Zusatz von 250g Stärkemehl und 18g Fett. Dabei wurden folgende Mengen von Kohlensäure gefunden und waren folgende Mengen von Sauerstoff zur Verbrennung nöthig:

	Verbrauch an Trockensubstanz	O	CO_2
bei 1500g Fleisch	362	477	542
bei 450g Fleisch mit 160g Fett . .	268	586	541
bei 436g Fleisch mit 250g Stärkemehl	356	440	545

Die Schwankungen in der Sauerstoffaufnahme sind demnach bei gleichem Effecte im Körper sehr bedeutend. Man kann aber nicht sagen, dass der Stoffwechsel bei Verbrauch von 450g Fleisch mit 160g Fett am grössten gewesen ist, bei Verbrauch von 436g Fleisch mit 250g Stärkemehl am geringsten. Aehnlich verhält es sich mit der Kohlensäure.

Der von uns untersuchte Hund schied bei Fütterung mit 350g Fett und einem Verbrauch von 55g Eiweiss und 164g Fett (mit 219g Trockensubstanz) 519g Kohlensäure aus und hatte zur Oxydation 522g Sauerstoff nöthig. Bei Fütterung mit 2000g Fleisch und einem Verbrauch von 493g Eiweiss mit 435g Trockensubstanz (minus 58g Fett) lieferte dagegen das Thier 604g Kohlensäure und nahm 517g Sauerstoff auf. Es wurde also zufällig beide Male nahezu die gleiche Menge von Sauerstoff in Anspruch genommen, obwohl man bei der grundverschiedenen Zerstörung im Körper gewiss nicht sagen kann, dass der Stoffwechsel der gleiche gewesen ist.

In einem anderen Falle verzehrte der Hund 500g Fleisch und zerstörte 137g Eiweiss und 44g Fett (= 181g Trockensubstanz); die Menge des Sauerstoffs betrug dabei 330g, die der Kohlensäure 433g. Als der Hund 1500g Fleisch erhielt, wurde bei Zersetzung von 282g Eiweiss (— 13g Fett) oder von 269g Trockensubstanz die gleiche Menge von Sauerstoff (354g) aufgenommen und die

gleiche Menge von Kohlensäure (423 g) ausgeathmet, d. h. um 49% Trockensubstanz mehr zersetzt wie bei Aufnahme von 500 g Fleisch trotz gleicher Quantität des Sauerstoffs und der Kohlensäure.

Die Bedingungen des Umsatzes des Eiweisses sind, wie ich gleich noch näher darthun werde, ganz andere als die des Fettes oder des Zuckers, und sie wirken bis zu einem gewissen Grade unabhängig von einander. Wenn die Stoffe in dem nämlichen Organismus in ausserordentlich ungleichen Proportionen und Mengen zum Zerfall gelangen und deshalb das Verhältniss der Kohlensäure zum Sauerstoff ein sehr wechselndes ist, so kann weder die Kohlensäure noch der Sauerstoff ein genaues Maass für den Stoffwechsel abgeben.

Man hat in der Kohlensäureausscheidung und dem Sauerstoffverbrauch nur dann einen Maassstab für die Aenderung des Stoffwechsels unter irgend einem Einflusse, wenn sich durch den letzteren die Zersetzung nur eines Stoffes im Körper ändert z. B. nur die des Fettes und nicht die des Eiweisses.

Oertmann[1]) hat sehr interessante Versuche über die Kohlensäureabgabe und Sauerstoffaufnahme entbluteter Frösche angestellt und dabei keine wesentliche Verschiedenheit gegenüber den Werthen bei normalem Athmen gefunden. Er meint nun, dass sich dieses Resultat nicht leicht aus meiner Theorie über die Art des Stoffwechsels (vielmehr der Eiweisszersetzung) erklären lasse; es hätte nach seiner Ansicht, wenn das der Verbrennung anheimfallende Eiweiss im Blute circuliren und bei der Filtration durch die Gewebe zersetzt würde, nach dem Austreiben des Blutes ein starkes Sinken der Oxydationsvorgänge eintreten müssen. Oertmann sucht also aus der Kohlensäureausscheidung auf den Eiweisszerfall zu schliessen. Nach den vorher mitgetheilten Beispielen könnte jedoch erstens die Eiweisszersetzung sehr viel geringer werden, ohne dass deshalb eine Aenderung in den Quantitäten der Kohlensäure und des Sauerstoffs nothwendig zu erfolgen braucht. Aber auch wenn im entbluteten Frosch wirklich nicht weniger Eiweiss zersetzt würde, wäre

1) Arch. f. d. ges. Physiol. 1877 Bd. XV S. 381.

meine Lehre noch nicht falsch. Meine Lehre sagt nämlich nichts weiter aus als das, was thatsächlich erwiesen ist. Sie stützt sich zunächst auf die Thatsache, dass die Ernährungsflüssigkeit aus dem Blute in die Gewebe gepresst wird, die letzteren als Gewebssaft durchtränkt und dann, insoweit sie nicht in den Organen zerstört wird oder in ihnen bleibt, durch die Lymph- oder Blutgefässe wieder in die Blutbahn zurückkehrt, um nach einiger Zeit denselben Weg von neuem zu machen. Nach meiner Lehre soll ferner unter dem Einflusse der Zellen oder des Organisirten das in der Ernährungsflüssigkeit gelöste, circulirende Eiweiss zerfallen, ähnlich wie der Traubenzucker durch die Hefezellen. Durch die Versuche J. Forster's ist wohl dargethan, dass das gelöste Eiweiss leicht, das in dem Organisirten abgelagerte Eiweiss dagegen ungleich schwerer zerlegt wird. Ohne Blut ist natürlich noch genug Ernährungsflüssigkeit in den Geweben vorhanden, auf Kosten deren die Organe eine Zeit lang leben können. Ich habe mich nie darüber geäussert, welche Zeit das Eiweiss der Ernährungsflüssigkeit nöthig hat, um seinen Kreislauf durch die Gewebe zurückzulegen und wie lange es in den letzteren bleibt. Beim Frosch ist entweder die Ernährungsflüssigkeit in verhältnissmässig grösserer Menge im Vorrathe in den Geweben angesammelt oder es sind seine Organe in ihrer Thätigkeit wegen der geringeren Zersetzung unabhängiger von der fortwährenden Zufuhr neuen Ernährungsmaterials als die der Säugethiere, wie manche Erscheinungen nach Unterbindung der Blutgefässe z. B. der Bauchaorta lehren. Während ein Kaninchen alsbald nach dieser Operation die unteren Extremitäten nicht mehr mit Willen zu bewegen vermag, hüpft ein Frosch noch lange Zeit umher. Reicht nach Ablassung des Blutes der Vorrath in den Organen des Frosches noch einige Zeit aus, dann braucht die Zersetzung von Eiweiss nicht geringer zu werden, sowie ohne Blut dem Frosch noch ebensoviel Sauerstoff zugeführt wird wie normal. Ich bin überzeugt, dass wenn Oertmann alle von mir über den Eiweissumsatz ermittelten Thatsachen überblickt, er dann nicht mehr sagen wird, dass zur Annahme des circulirenden Eiweisses, das ja thatsächlich existirt, kein Grund vorhanden ist und die von mir gefundenen Thatsachen naturgemässer anders erklärt werden können.

12. Auf reflectorischem Wege wird der Fettumsatz erhöht.

Nach diesen Erörterungen frägt es sich, ob durch die Nervenreize, welche wahrscheinlich durch reflectorische Wirkung auf die Muskeln eine vermehrte Sauerstoffaufnahme und Kohlensäureausscheidung bedingen, das Eiweiss oder die stickstofffreien Substanzen in grösserer Menge zerstört werden.

Es ist durch mich erwiesen worden, dass bei der angestrengtesten Muskelthätigkeit unter sonst gleichen und vergleichbaren Verhältnissen[1]) im Gesammtorganismus nicht mehr Eiweiss zersetzt wird als bei möglichster Ruhe, dass aber dabei die Zersetzung der stickstofffreien Stoffe ansehnlich wächst. Beim hungernden Menschen wird selbst an den 12 Arbeitsstunden unter Tags die gleiche Menge von Eiweiss zerstört wie in den folgenden 12 Nacht-

1) Da kein Moment von grösserem Einflusse auf die Eiweisszersetzung ist als die Grösse der Eiweisszufuhr, so ist selbstverständlich ein Vergleich des Eiweissverbrauchs bei Ruhe und Arbeit nur dann möglich, wenn entweder kein Eiweiss gegeben wird oder stets die gleiche Menge und zwar ebensoviel als der Körper zur Erhaltung seines Eiweissbestandes nöthig hat. Neuerdings hat Pavy (Centralblatt für d. medic. Wiss. 1877 Nr. 28) Zahlen über die Stickstoffausscheidung von Schnellläufern bei Ruhe und Thätigkeit publicirt, welche keinen Entscheid bringen können, weil der Körper nicht im Stickstoffgleichgewichte sich befand und die Nahrung ganz verschiedene Mengen von Eiweiss enthielt. Das gleiche gilt für die von Flint (Journ. of Anatomy and Physiology 1877 Vol. 12 p. 91) an demselben Schnellläufer angestellte Untersuchung. Es ist auffallend, dass man trotz vielfacher Auseinandersetzungen von meiner Seite immer noch nicht einsieht, unter welchen Voraussetzungen allein eine richtige Antwort auf solche Fragen zu erhalten ist. — Ich habe ferner öfters hervorgehoben, dass nicht unter allen Umständen der Eiweisszerfall bei der Arbeit unverändert bleibt, vorzüglich dann nicht, wenn die stickstofffreien Stoffe in der Nahrung und im Körper in zu geringer Menge vorhanden sind; ich habe deshalb bei einem mageren Hunde bei Hunger und reichlicher Fleischzufuhr eine Vermehrung der Zersetzung durch körperliche Anstrengung um 3—16% erhalten, aber keine bei dem mit gemischter Kost genährten, fettreicheren Menschen. Es hat mich daher nicht gewundert, dass die Herren Wolff, Funke, Kreuzhage und Kellner (Bericht der 50 Versammlung deutsch. Naturf. zu München S. 224) bei einem Pferde bei stärkerer Arbeitsleistung eine um 21% grössere Stickstoffausscheidung fanden; in meiner Abhandlung über den Einfluss der Muskelbewegungen auf den Stoffwechsel und in weiteren Bemerkungen hierüber (diese Zeitschrift 1870 Bd. VI S. 336) ist dargethan, warum sie mit diesem Resultate sich nicht in Widerspruch mit meinen Versuchsergebnissen und noch weniger mit meinen Auffassungen befinden. Der Versuch an einem etwas fettreicheren Thiere hätte ihnen wohl ein anderes Resultat ergeben.

stunden im tiefsten Schlafe. Es wurde dagegen beim Hunger im Mittel an Fett zersetzt:

	Tag	Nacht	Tags mehr in %
Ruhe . . .	116	94	23
Arbeit . . .	312	70	446

Am Tage wird darnach auch bei Ruhe etwas mehr Fett zerlegt als bei Nacht, da Nachts manche den Fettumsatz begünstigende Momente wegfallen. In der Nacht nach der anstrengenden Arbeit wird weniger Fett verbraucht wie in. der Nacht nach einem Ruhetag, da der Schlaf im ersteren Falle ein tieferer ist. Am Tage während der Arbeit wird mehr als vier Mal so viel Fett zerlegt als in der Nacht. In ähnlicher Weise wird nach den Untersuchungen von Bauer und Boeck durch Morphium der Verbrauch von Eiweiss kaum herabgesetzt, dagegen sehr wesentlich die Ausscheidung der Kohlensäure, also der Verbrauch von stickstofffreien Stoffen und zwar in Folge der geringeren Muskelthätigkeit während der Narkose.

Durch die Muskelarbeit oder durch die Aenderung der Lagerung der kleinsten Theilchen der Muskeln bei der Contraction werden also die Bedingungen für den Eiweisszerfall nicht beeinflusst, wohl aber die für die Zersetzung der stickstofffreien Stoffe. Die Eiweisszersetzung ist bei dem gleichen Organismus vor allem abhängig von der Grösse der Eiweisszufuhr zu den lebenden Zellen, die Fettzersetzung von der Aenderung der Lagerung der Theilchen unter dem Nerveneinflusse.

Meine Zahlen geben nur den Eiweissverbrauch im Gesammtorganismus während eines Arbeitstages an. Man hat gemeint, dass im arbeitenden Muskel dennoch mehr Eiweiss zur Zersetzung kommen könne als bei der Ruhe, da möglicherweise durch die Entziehung eines grossen Theils der Säfte nach den thätigen Muskeln in den übrigen Organen des Körpers entsprechend weniger zersetzt werde, auf welche Erscheinungen ich selbst zuerst aufmerksam gemacht habe. Es ist eine solche indirecte Wirkung des stärkeren Säftestroms auf den Eiweisszerfall im contrahirten Muskel oder in einem anderen thätigen Organe wohl denkbar; ich halte sie aber

noch für zweifelhaft und unerwiesen. Keinesfalls steht jedoch der Eiweissverbrauch in directer Beziehung zur Muskelarbeit im Körper, denn dann müsste die Grösse der letzteren stets die gleiche bleiben, weil bei der Thätigkeit einer Anzahl von Muskeln die Gesammteiweisszersetzung sich nicht ändert, d. h. es müssten die übrigen Muskeln entsprechend weniger thätig sein. Da aber in einem hungernden Körper bei möglichster Ruhe und bei möglichster Anstrengung, in welchem letzteren Falle doch gewiss im ganzen Körper mehr Muskelarbeit gethan wird, der Eiweisszerfall sich gleich bleibt, so kann derselbe direct mit der Muskelanstrengung nichts zu thun haben.

Man hat auch vielfach geäussert, es werde bei der Arbeit mehr Eiweiss zersetzt, aber die Producte der Zersetzung erst später zur Ausscheidung gebracht; dies ist nach den Versuchen am Menschen nicht möglich, denn es trat bei ihnen in der Nacht nach dem Arbeitstage keine grössere Menge von Stickstoff aus.

Es lässt sich zeigen, dass auch die Thätigkeit anderer Organe keinen Einfluss auf den Eiweissumsatz ausübt, so z. B. die des Darmes. Wenn man den Darm mit grossen Mengen von Fett oder Kohlehydraten (ohne Eiweiss) überlastet, so dass derselbe in hohem Grade thätig sein muss und die Blutgefässe in ihm gefüllt sind, so ist doch nach meinen Versuchen die Eiweisszersetzung nicht grösser als bei völligem Hunger[1]). Es wird ferner nicht mehr Fett zerstört als beim Hunger, wenn man einen Fleischfresser mit nicht zu grossen Quantitäten von reinem Fett füttert[2]). Man könnte sich zwar denken, der bedeutende Eiweissverbrauch bei Aufnahme von Eiweiss rühre, wenigstens zum Theil, von der Thätigkeit des Darmes her; dies ist aber auch nicht der Fall, denn man sieht nach reichlicher Fütterung mit Eiweiss am ersten Hungertage bei leerem Darm die grössten Mengen von Eiweiss in Zerfall gerathen. Die Annahme von Mering und Zuntz[3]), dass die mit der Digestion und Resorption verbundene Arbeit des Darmkanales und seiner Drüsen die

1) Diese Zeitschrift 1869 Bd. V S. 354 u. 435.
2) Diese Zeitschrift 1869 Bd. V S. 388.
3) Arch. f. d. ges. Phys. 1877 Bd. XV S. 634.

Steigerung des Stoffwechsels bei Nahrungszufuhr bedingt, wird durch meine Versuche nicht unterstützt.

Auch in anderen Organen scheint die Eiweisszersetzung bis zu einem gewissen Grade unabhängig von der Thätigkeit derselben zu sein. In den Labdrüsen ist ein Vorrath von Pepsin abgelagert, welcher auch beim Hunger beständig erzeugt wird, so dass derselbe nicht erst durch einen grösseren Eiweisszerfall im Momente der Saftbildung in den Zellen producirt zu werden braucht. Aehnlich scheint es in den Speicheldrüsen zu sein, in deren Secret bei zunehmender Secretion die Menge der organischen Substanzen sehr abnimmt.

Nach alledem macht die Erregung der Nerven, wenn sie auf ein Organ wirkt, nicht eine Verstärkung der Zersetzung des Eiweisses, wohl aber eine solche der stickstofffreien Stoffe, indem sie die Bedingungen für den Zerfall der letzteren günstiger stellt.

Die Beobachtung der Eiweiss- und Fettzerstörung bei der Arbeit und beim Schlaf, das Gleichbleiben des Eiweissverbrauchs und die gewaltige Zunahme der Fettzerstörung bei der Muskelanstrengung zeigt am schlagendsten die Unabhängigkeit der Bedingungen der Spaltung der beiden Stoffe.

Ich habe zu entscheiden versucht, wie sich bei Vergiftung mit Curare, wo die Kohlensäureausscheidung auf ein Minimum herabgesetzt ist, die Eiweisszersetzung verhält. Ich habe zu dem Zwecke hungernde Hunde durch wiederholtes Einspritzen von Curarelösung bei Unterhaltung künstlicher Respiration auf geraume Zeit bewegungslos gemacht und so die Einwirkung äusserer Reize von den Nerven auf die Muskeln aufgehoben. Das Thier sollte nach längerer Dauer der Vergiftung sich wieder erholen, um dann aus der Stickstoffmenge des Harns die Eiweisszersetzung controliren zu können.

In einem ersten Versuche (am 11. Juli 1876) erhielt ein Hund von 16,92 ^{kg} Gewicht, nachdem er vorher 4 Tage gehungert hatte und in den letzten 3 Tagen die gleiche Harnstoffmenge im Harn ausschied, um 10 ^{h} 15 ^{m} Vormittags von einer 0,6 % Curarelösung in die Vena femoral. dextra eingespritzt, wornach bald vollkommene Lähmung des Thieres eintrat. Dies wurde so oft wiederholt als

das Thier schwache Bewegungen zu zeigen begann. Die im Mastdarm gemessene Temperatur wurde anfangs durch Auflegen von Decken auf normalem Stande erhalten. Bis um 10^h^ 30^m^ Nachts gelang es, den Herzschlag regelmässig und kräftig zu erhalten; um 11 Uhr Nachts trat unter plötzlichem Herzstillstand der Tod ein. Bei der Section fand sich nicht ein Tropfen Harn in der Blase vor; das Blut war lackfarben geworden. Offenbar war zu viel Gift eingespritzt worden, und zwar getäuscht durch zeitweilige schwache Bewegungen der Pfoten, welche durch das feste Aufbinden des Thieres von der Blut- und Giftzufuhr ausgeschlossen waren.

Es wurde daher der Versuch an einem 18^{kg} schweren Hunde, am 1. August 1876, wiederholt und dabei das Gift subcutan eingespritzt. Das Thier hatte ebenfalls mehrere Tage vorher gehungert, bis es täglich die gleiche Menge von Harnstoff ausschied. Es fand sich:

Datum 1876	Gewicht des Thieres in kg	Futter	Harnmenge in ccm	Harnstoff
23. Juli	—	0	218	19,6
24. „	—	0	190	18,2
25. „	—	0	171	16,8
26. „	—	0	191	18,1
27. „	—	0	201	19,7
28. „	18,05	400 Fleisch	459	45,0
29. „	—	0	380	24,3
30. „	—	0	322	16,7
31. „	—	0	358	16,1
1. August	16,80	0	648	22,2

Von 7 Uhr Früh an wurde dem Thiere, nach vollständiger Entleerung der Harnblase, das Curare eingespritzt, wodurch es von da an bis um 2^{h} 30^{m} Nachmittags in vollständiger Lähmung und Empfindungslosigkeit erhalten wurde; von 2^{h} 30^{m} an zeigte es ab und zu schwache Bewegungen und fing, da kein Gift mehr eingespritzt wurde, etwas nach 4 Uhr Nachmittags schwach selbstständig zu athmen an. Um 5^{h} 45^{m} Abends liess es 119^{ccm} stark sauren Harn mit 6,4^{g} Harnstoff. Der Hund erholte sich nach und nach und brachte die Nacht über in dem Käfige zu. Am

Tage darauf, den 2. August, Früh 5 Uhr, entleerte er 409 ccm sauren Harn mit 13,4 g Harnstoff und um 8 Uhr nochmals 120 ccm mit 3,6 g Harnstoff.

Es kamen also im Ganzen in 24 Stunden, wovon 9 Stunden in voller Curarelähmung verbracht wurden, 22,2 g Harnstoff zur Ausscheidung. Es findet demnach während der Lähmung sicherlich keine geringere Eiweisszersetzung statt, ja sogar eher eine Steigerung derselben. Da nun in Folge der Curarewirkung wie im Schlafe die Kohlensäureausscheidung jedenfalls sehr vermindert ist, so wird auch in diesem Falle nicht weniger Eiweiss, wohl aber weniger Fett zerstört.

Nach allen diesen Erfahrungen wird es wahrscheinlich, dass auch die Kälte oder andere Hautreize oder das Licht, wenn sie reflectorisch eine Steigerung in der Kohlensäureausscheidung und in der Sauerstoffaufnahme hervorrufen, nur eine Mehrumsetzung von stickstofffreien Stoffen bedingen und nicht eine solche von eiweissartigen.

Für die Wirkung der Kälte und Wärme vermögen wir schon Bestimmteres auszusagen.

Man hat nämlich bei Einwirkung von Kälte auf den Organismus aus der Stickstoffausscheidung den Eiweisszerfall bestimmt. Liebermeister[1]) giebt an, dass er beim Menschen bei gleicher Lebensweise und Diät durch Wärmeentziehungen keine deutliche Vermehrung der Harnstoffausscheidung gesehen habe. Schröder[2]) hat vor Liebermeister bei möglichst gleich gehaltener Nahrung den Einfluss kalter Bäder auf die Kohlensäure- und Harnstoffproduction beim Typhus untersucht und dadurch eine Verminderung der beiden Ausscheidungen erreicht; dabei handelt es sich aber nicht um eine einfache Wirkung der Kälte auf den gesunden Körper, sondern um die Wirkung der Mässigung des Fiebers durch die Kälte. Zu dem gleichen Resultate wie Schröder kamen Willemin[3])

1) Deutsch. Arch. f. klin. Med. Bd. X S. 90.
2) Deutsch. Arch. f. klin. Med. Bd. VI S. 385.
3) Archives générales de médecine 1863 Vol. II p. 322.

und C. Barth[1]). Nach Senator's[2]) Untersuchungen am Hunde zeigt die Eiweisszersetzung bei gleichmässiger Ernährung mit 300g Fleisch und 10g Schmalz durch niedere Temperaturen keine Aenderung; das Thier schied nämlich an 18 Versuchstagen im Mittel an Harnstoff aus:

Temperatur	Harnstoff
— 1,5 bis + 6	21,2
+ 12 bis + 15	20,6
+ 16 bis + 19	21,0

Bei meinen S. 79 angegebenen Kälte- und Wärmeversuchen an dem Manne zeigten sich wohl an verschiedenen Tagen Schwankungen in dem Eiweissumsatz, welche wahrscheinlich von den unvermeidlichen Fehlern bei einem nur sechsstündigen Versuche herrühren, aber sie sprechen keinesfalls für eine beachtenswerthe Vermehrung des Eiweissverbrauchs in der Kälte gegenüber der mittleren Temperatur von 16°, während die Kohlensäureausscheidung beträchtlich gesteigert war. Es bewirkt daher die Kälte, insofern dabei der Körper keine Erniedrigung seiner Eigentemperatur erleidet, nur einen höheren Umsatz von Fett oder von stickstofffreien Stoffen. Bei Herabsetzung der Eigenwärme wird jedoch wahrscheinlich der Eiweisszerfall zugleich mit dem Fettzerfall geringer, wie das Murmelthier im Winterschlafe zeigt, wobei es sich um eine Beeinträchtigung der Bedingungen des Zerfalls in den abgekühlten Zellen handelt.

Die Wärme hat wohl auch keine Wirkung auf die Eiweisszersetzung, sobald dadurch die Temperatur des Körpers nicht erhöht wird. Die Kohlensäureausscheidung ist, wenn man von der mittleren Temperatur von 16° ausgeht, bei der Katze in warmer Luft eher geringer, bei dem Menschen scheint dadurch eine geringe Steigerung stattzufinden. Eine bis zu 30° erwärmte Luft übt also keinen deutlichen und bestimmten Einfluss auf die Zersetzungen im Körper aus. Anders ist es, wenn die Körpertemperatur zunimmt; hierbei findet sich erstens die schon berichtete Zunahme

1) Beiträge zur Wasserbehandlung des Typhus, diss. inaug. Dorpat 1866. — Kirejeff's Beobachtungen (Arch. f. path. Anat. 1861 Bd. XXII S. 496) mit warmen und kalten Sitzbädern ergaben keine sicheren Resultate.

2) Arch. f. patholog. Anat. Bd. XLV.

der Kohlensäureproduction und des Sauerstoffconsums, dann aber auch eine Vermehrung der Eiweisszersetzung. Bartels[1]) hat zuerst am Menschen bei Dampfbädern eine Steigerung der Harnstoffausscheidung gefunden, dann Naunyn[2]) am Hunde bei Verhinderung der Wärmeabgabe. Den sichersten Aufschluss hierüber geben aber die Versuche von Gustav Schleich[3]). Derselbe hat beim Menschen bei genauer Regelung der Nahrungsaufnahme nach einstündigen warmen Vollbädern von 38—42,5° eine deutliche Vermehrung der Harnstoffmenge erhalten, und zwar noch mehrere Tage nach dem Bade. Eine vorübergehende Erhöhung der Temperatur der Zellen begünstiget also für längere Zeit die Bedingungen des Zerfalls des Eiweisses in denselben.

Ganz ähnlich ist die Wirkung des Fiebers auf den Stoffzerfall, bei welchem bekanntlich ebenfalls eine Steigerung der Harnstoff- und Kohlensäureausscheidung stattfindet. Es scheint sich daher beim Fieber auch um einen Einfluss der Erhöhung der Körpertemperatur zu handeln, d. h. um durch die Wärme veränderte Bedingungen des Zerfalls in den Zellen. Ob bei der höheren Temperatur des Körpers durch künstliche Erwärmung oder im Fieber die Zersetzung von Eiweiss und Fett oder nur die von Eiweiss gesteigert ist, das ist im Moment schwer zu entscheiden. Die vermehrte Kohlensäureabgabe giebt keinen Aufschluss darüber, da sie ebensogut ausschliesslich von der reichlicheren Eiweisszersetzung herrühren könnte. Jedoch scheint die von Litten an Meerschweinchen beobachtete Verfettung nach Einwirkung höherer Temperaturen nicht für eine Mehrzersetzung stickstofffreier Stoffe zu sprechen. Auch Senator schliesst aus seinen Versuchen, dass im Fieber die Kohlensäurevermehrung nur von dem reichlicher zersetzten Eiweiss herrührt und dass dabei nicht mehr Fett zerstört wird. Ich kann mich hier auf diese Verhältnisse nicht einlassen; ich möchte nur darauf aufmerksam machen, dass die erhöhte Zer-

1) Pathologische Unters. 1864.
2) Berliner klin. Wochenschrift 1869 Nr. 4.
3) Verhalten der Harnstoffproduction bei künstlicher Steigerung der Körpertemperatur, diss. inaug. Tübingen 1875.

setzung nicht die Ursache des Fiebers und auch nicht für sich allein die der höheren Temperatur im Fieber sein kann.

Man ist nämlich im Stande bei einem Hunde oder bei einem Menschen die Zersetzung und die Wärmeproduction durch reichlichste Nahrungszufuhr oder starke Arbeit um das Dreifache gegenüber dem Hungerzustande zu steigern, ohne dass die Temperatur des Körpers sich erhöht und ohne dass Fieber eintritt. Nun hat gewiss noch Niemand behauptet, dass bei einem fiebernden hungernden Organismus die Wärmeproduction drei Mal grösser ist als ohne das Fieber. Nach Colasanti beträgt z. B. beim fiebernden Meerschweinchen die Erhöhung der Kohlensäureausscheidung nur 38%, die der Sauerstoffaufnahme 31%, und doch tritt hier eine Erhöhung der Körpertemperatur ein. Es ist also klar, dass der gesteigerte Zerfall nicht die alleinige und hauptsächlichste Ursache der Fiebertemperatur ist, sondern dass es eine andere Ursache giebt, ohne welche nie Fiebertemperatur eintritt, nämlich die geringere Wärmeabgabe durch Versagen der Wärmeregulatoren in der Haut.

13. Stoffverbrauch in kalten und warmen Klimaten.

Wir sind somit zu dem Resultate gekommen, dass in der Kälte, wenn die Körpertemperatur nicht erniedriget ist, mehr Fett zersetzt und dadurch mehr Wärme erzeugt wird, zum Theil durch willkürliche Bewegungen, zum Theil durch veränderte Athembewegungen, zum Theil durch Uebertragung von Nervenerregungen auf andere Organe, vorzüglich auf die Muskeln. In der Wärme, wenn dadurch die Körpertemperatur nicht erhöht wird, findet keine erhebliche Aenderung der Zersetzung gegenüber der bei mittlerer Temperatur statt.

Für die Kälte ist sicherlich durch die Mehrzersetzung des Fettes eine zweckentsprechende Einrichtung zur Erhaltung der Temperatur des Körpers gegeben. Es frägt sich aber, welchen quantitativen Werth diese Regulation gegenüber den übrigen Regulatoren der Eigenwärme hat und ob sie bei den in kalten Klimaten lebenden Organismen wesentlich in Betracht kommt.

Man hat schon früher, wie ich im Eingange dieser Abhandlung erwähnt habe, vielfach geglaubt, dass durch Anpassung der

Wärmeproduction an den Wärmeverlust die Eigentemperatur des Warmblüters sowohl in der Kälte als auch in der Wärme regulirt und erhalten werde, und der Organismus dadurch geschickt werde, in den verschiedensten Temperaturgraden und Zonen der Erde auszuhalten.

Es scheint mir nach allen genaueren Versuchen unzweifelhaft zu sein, dass die Kälte bei uns in den Wintermonaten und an den Polen, wenn die Temperatur des Körpers nicht abnimmt und wir von einer mittleren Temperatur von 15° ausgehen, unter sonst gleichen Verhältnissen einen grösseren Fettverbrauch hervorrufen und somit mehr Wärme erzeugen muss.

Bei der Katze haben wir bei einer Temperaturdifferenz von 37° eine Differenz in der Kohlensäureausscheidung von 83% gefunden, bei dem Menschen bei einer Temperaturdifferenz von 26° eine solche von 40%. Man könnte meinen, dass, da der Mensch und die Thiere eine viel niederere Temperatur, als bei unseren Versuchen zur Wirksamkeit kam, ertragen, die Wärmeerzeugung noch weit mehr zuzunehmen vermöchte.

Ich glaube jedoch im Gegentheil, dass unsere Versuche schon an der Grenze angekommen sind, von der an unter gleichen Bedingungen Abkühlung des Körpers eintritt, ja dass dabei schon abnorme Verhältnisse gegeben waren, welche für gewöhnlich nicht vorkommen.

Der Mann, welcher ohne Mantel, im gewöhnlichen Zimmeranzuge bei einer Temperatur von + 4° 6 Stunden lang in der Kammer ruhig sass, fror stark, namentlich gegen das Ende des Versuchs und bekam darnach heftiges Zittern, so dass er sich nur durch längere Körperbewegung wieder erholen konnte. Wäre er frei gewesen, so hätte er entweder sich wärmer gekleidet oder sich Bewegung gemacht. Ich bin überzeugt, dass wenn der Mann bei einer der äusseren Temperatur entsprechenden wärmeren Bekleidung gearbeitet hätte, keine erhebliche Steigerung der Fettzersetzung, gegenüber der bei gleicher Arbeit in einem warmen Raume, hervorgetreten wäre.

Es scheint mir, dass die unserem Willen entzogene Regulation der Eigenwärme durch eine grössere Wärmeproduction unter den

gewöhnlichen beim Menschen gegebenen Verhältnissen in einer nicht sehr grossen Ausdehnung stattfindet und jedenfalls durch die Wirkung der körperlichen Bewegung oder der Nahrungsaufnahme weit übertroffen wird.

Auch die Thiere suchen bei grösserer Kälte Höhlen und Verstecke auf, in denen sie etwas geschützt sind, sie erhalten durch dichtere Behaarung und dickere Fettschichten Umhüllungen von schlechten Wärmeleitern, sie verzehren mehr Nahrung und führen, wenn sie im Freien sich befinden, Bewegungen aus. Dass die Regulation durch die reflectorische Wärmeproduction nicht sehr ergiebig ist, zeigt die beständige Abnahme der Körpertemperatur bei einem auf dem Rücken ausgespannten Kaninchen, wo durch die ausgestreckten Glieder die Wärmeabgabe eine günstigere wird.

Die in kalten Klimaten lebenden Menschen sind meist klein und abgerundet wie die Eskimos, die Lappländer und bieten somit der Abkühlung eine möglichst geringe Oberfläche dar; lange und magere Leute würden viel eher unter der Kälte leiden und zu Grunde gehen. Erstere vermindern noch den Wärmeverlust, indem sie ihren gewöhnlich mit einem dicken Fettpolster versehenen Leib mit schlechten Wärmeleitern umhüllen und, wenn sie nicht im Freien sich aufhalten, in ihren warmen Hütten beisammen sitzen. Sie vermehren auch die Wärmebildung durch reichliche Nahrungsaufnahme und körperliche Arbeit, ohne die sie erfrieren würden.

Man nimmt allgemein an, dass in kalten Klimaten viel mehr Nahrung aufgenommen wird als in warmen, ja dass schon in unseren Breitegraden während der Winterszeit mehr verzehrt wird als im Sommer. Strenge Beweise dafür sind aber bis jetzt noch nicht erbracht worden; es liegen auffallender Weise nur einige Beobachtungen vor, welche die Sache wahrscheinlich machen.

W. F. Edwards setzte kleine Vögel zu verschiedener Jahreszeit während einer Stunde einer Temperatur von 0° aus und beobachtete, dass die Thiere im Sommer sich mehr abkühlten als im Winter. Er brachte ferner zur Sommerszeit und zur Winterszeit die Vögel bei 20° unter eine Glocke, worin sie im Winter früher erstickten. Daraus könnte man wie aus dem vorher erwähnten Ver-

such Finkler's den Schluss ziehen, dass die Thiere im Winter selbst bei gleicher Aussentemperatur mehr verbrauchen wie im Sommer.

Die schon früher mitgetheilten Angaben von Barral[1]) über die reichlichere Nahrungszufuhr bei Menschen im Winter sind nicht entscheidend, da in solchen vereinzelten Fällen nicht ein von der Willkür abhängiger Mehrconsum von Speisen, sondern eine Abnahme der Zersetzung während des Sommers oder eine Zunahme derselben während des Winters bei ganz gleicher Nahrungsaufnahme beweisend ist.

Das gleiche gilt von den Versuchen von E. Smith, nach denen ein Mensch in den kälteren Monaten mehr Kohlensäure lieferte als in den wärmeren.

Senator[2]) nahm nur einen geringen Einfluss der Temperatur auf den Stoffverbrauch an. Er nahm zunächst bei einem gleichmässig mit 300g Fleisch und 10g Schmalz ernährten Hunde, den er verschiedenen Temperaturen aussetzte, nur sehr geringfügige Schwankungen des Körpergewichtes wahr. Fernerhin beobachtete er[3]), dass ein Hund A. von 5392g Gewicht bei gleicher Ernährung mit Fleisch und Fett im August 3,455g Kohlensäure in 1 Stunde lieferte, im October bei einer um 10° niederern Temperatur nur 2,616g; das Körpergewicht war etwas geringer geworden, die Harnstoffmenge etwas gestiegen. Ein 7520g schwerer Hund C. schied ebenso im August 3,154g Kohlensäure aus, im October bei geringerem Körpergewicht nur 2,780g.

Unser Versuch mit der Katze, welche Winter und Sommer ganz die gleiche Nahrung erhielt, that nun einen Einfluss der Jahreszeit auf den Umsatz im Körper bestimmtest dar. Während im Winter die Katze auf ihrem Gewichte sich mit geringen Schwankungen erhielt, nahm sie im Sommer nach und nach an Gewicht zu.

Man fabelt allerdings viel von den unglaublichen Mengen von Speisen, welche die Polarmenschen verzehren, aber zuverlässige Angaben über das während längerer Zeit Aufgenommene sind, soviel

---

1) de l'influence des agens physiques sur la vie 1824 p. 163 et 200.
2) Arch. f. path. Anat. Bd. XLV.
3) Arch. f. Anat. u. Physiol. 1872 S. 20 u. 1874 S. 46.

ich weiss, noch nicht vorhanden. Sie verschlingen zwar manchmal, wenn gerade die Gelegenheit geboten ist, viel auf ein Mal, Renthierfleisch und Thran in Masse, wie der Tiger in heissen Klimaten es auch thut, sie nehmen aber dann zu anderen Zeiten wenig auf.

Man erzählt, dass die Walfischfänger ihre Matrosen eigens aussuchen, und nur solche mitnehmen, welche ein grosses Quantum Speise ertragen können. Es weist dies ebenfalls darauf hin, dass in kalten Gegenden der Bedarf wirklich ein grösserer ist und dass theils zum Ersatz des Stoffverlustes, theils um noch ausserdem mehr Wärme zu bilden, viel Speise aufgenommen werden muss.

Es wäre sehr wichtig, über die Ernährungsverhältnisse von Thieren und Menschen in Kamtschatka oder Grönland oder Spitzbergen etwas Sicheres zu erfahren. Man sollte denken, es könnte eine Aufzeichnung über die ziemlich einfache Nahrung der Menschen oder über den Futterbedarf der Renthiere ohne zu grosse Mühe gemacht werden.

E. A. Scharling[1]) hat den Liebig'schen Lehren von dem so sehr verschiedenen Verbrauch in kalten und warmen Klimaten aufs entschiedenste widersprochen. Er hat Notizen über die Kost der Indianer in Mexico, der eingeborenen Matrosen in Indien, der Grönländer, des Proviants auf Schiffen, welche auf Fahrten in die Nordsee oder nach Westindien sich befanden, erhalten und mitgetheilt, aber es ist schwer Uebersichtliches über die Quantitäten der täglich verzehrten Nahrungsstoffe daraus zu entnehmen.

Senator[2]) machte auch auf eine Angabe von George Kennan aufmerksam, wornach die zum Ziehen der Schlitten in Kamtschatka und Nordasien verwendeten Hunde bei einer Kälte von — 70° F. = — 57° C. ausschliesslich Abends nach Beendigung ihres Tagewerkes 1½—2 Pfund gedörrte Fische erhalten, aus deren Spannkräften nicht nur der gewaltige Wärmeverlust durch die Kälte, sondern auch noch eine so bedeutende Arbeit geleistet werden muss. Senator bemerkt dazu, dass vieles, was wir über die Ernährung und Lebensweise von Menschen und Thieren in ver-

1) Annal. der Chem. u. Pharm. 1846 Bd. LVII S. 1; Journ. f. pr. Ch. 1845 Bd. XXXVI S. 454 u. 1849 Bd. XLVIII S. 435.

2) Arch. f. Anat. u. Physiol. 1874 S. 42—53.

schiedenen Erdstrichen, namentlich den Polargegenden wissen, nach unseren Begriffen über Stoffumsatz und Kraftentwicklung völlig räthselhaft erscheine. Das Räthsel ist jedoch nicht so gross, wenn man bedenkt, dass $1\frac{1}{2}$—2 engl. Pfund gedörrter Fische 681—908g, im Mittel 795g wiegen. Im getrockneten Stockfisch befinden sich 81,4% feste Theile und nur 18,6% Wasser; 795g getrocknete Fische enthalten demnach etwa 647g Trockensubstanz. Nimmt man diese bis zu 80% als Fleisch (Muskeln, Drüsen etc.) an, so würde sie 2148g frischem fettfreiem Fleisch entsprechen; dies ist das Maximum an reinem Fleisch, mit dem ich einen 40kg schweren Hund ins Stickstoffgleichgewicht bringen konnte. Da die Fische aber in ihrem Fleische Fett einschliessen, so reicht ansehnlich weniger Substanz zur Erhaltung eines Hundes hin.

Die Production von viel Wärme genügt noch nicht, um dem Körper für alle Fälle einen Beitrag zur Erhaltung seiner Eigenwärme zu liefern. Bei anstrengender Arbeit habe ich bei einem Menschen trotz reichlicherer Wärmeerzeugung, welche die durch die unwillkürliche Regulation in der Kälte weit übertrifft, in Folge starker Wasserverdunstung ein Sinken der Körpertemperatur eintreten sehen. Manche suchen immer noch die Bedeutung der Nahrungsstoffe nicht in ihrer stofflichen Wirkung, sondern nennen jeden Stoff, der bei seiner Zerlegung im Körper Wärme liefert, einen Nahrungsstoff. Der Alkohol ist ihnen z. B. ein Nahrungsstoff, da er im Organismus zum grössten Theile oxydirt wird und also Wärme bildet. Wie aber, wenn der Alkohol nebenbei auch die Fähigkeit besitzt, die Gefässe der Haut auszudehnen, und somit durch Begünstigung der Wärmeabgabe mehr Wärme zum Abfluss bringt, als er erzeugt? Man ersieht daraus am besten, dass die Lieferung von Wärme für sich allein dem Körper noch keine Vortheile zu bringen braucht.

Die Mehrzersetzung in der Kälte durch die unwillkürliche Regulation steht vollkommen fest, aber sie ist für das Leben in kalten Klimaten wahrscheinlich nicht so sehr bedeutend, da dabei andere Mittel von ungleich grösserer Wirksamkeit zu Hilfe kommen, nämlich die Umhüllung des Körpers mit schlechten Wärmeleitern, die Erzeugung von viel Wärme durch reichliche Nahrungsaufnahme

und die Muskelthätigkeit. Für sich allein d. h. mit weniger schützenden Kleidern und ohne Körperbewegung würde die reflectorische Mehrzersetzung die Bewohner arktischer Gegenden nicht vor dem Erfrieren bewahren. Wirkt sie ja nicht so viel, um für den Menschen bei einer Temperatur von 25° die Kleider entbehrlich zu machen[1]).

Ich glaube daher, dass der Mehrbedarf an Nahrungsstoffen in jenen Ländern nicht sehr beträchtlich ist. Da die Kälte keinen grösseren Verbrauch an Eiweiss bedingt, so ist in ihr zur Erhaltung des Eiweissgehaltes des Körpers nicht mehr Eiweiss in der Nahrung nöthig als in unseren Breitegraden, wo vor allem die Masse der lebenden Zellen maassgebend ist. Der Fettverbrauch wird vorzüglich beeinflusst durch die Grösse der Muskelarbeit und auch durch die reflectorische Kältewirkung, weshalb in kalten Klimaten mehr Fett oder stickstofffreie Stoffe zugeführt werden müssen, die allerdings auch durch eiweissartige Stoffe unter Umständen ersetzt werden können. Um durch Nahrungszufuhr eine Mehrzersetzung im Körper und eine grössere Wärmebildung hervorzurufen, ist Fett nicht tauglich, da ein Ueberschuss desselben angesetzt wird, wohl aber eignen sich dazu Eiweiss und Kohlehydrate. —

Eine weitere Frage ist die, ob auch für höhere Temperaturen der Umgebung, wenn man von einer Temperatur von 16° C. ausgeht, eine solche unwillkürliche Regulation durch eine Minderzersetzung besteht. Von den Meisten wird eine solche angenommen, so schon von Lavoisier und Liebig, und es gilt gewöhnlich als ausgemacht, dass in heissen Klimaten viel weniger Nahrung aufgenommen wird als in kalten.

Wenn unsere Katze im Sommer an Gewicht zunahm, so beweist dies noch nicht eine verminderte Zersetzung in höheren Temperaturen, denn jener Erfolg kann ebensognt durch einen vermehrten Zerfall in der Kälte gegenüber dem bei mittlerer Temperatur hervorgebracht worden sein.

In einer Temperatur von 31° wurde von der Katze etwas weniger Kohlensäure producirt wie bei 15°, vom Menschen dagegen

1) Diese Zeitschrift 1869 Bd. V S. 514.

eher etwas mehr. Eine wesentliche Aenderung konnte nicht gefunden werden. Wenn die Kälte durch Reizung sensibler Nerven einen grösseren Fettverbrauch hervorbringt, so wird eine die mittlere, für uns vollkommen behagliche Temperatur übertreffende Erwärmung der Umgebung höchstens noch eine geringe Herabsetzung oder vielleicht sogar bei eintretender Unbequemlichkeit eine geringe Erhöhung der Zersetzung bewirken.

Für die höheren Wärmegrade scheint demnach beim Menschen und der Katze keine in Betracht kommende reflectorische Regulirung durch verminderte Oxydation zu existiren.

Dies wird auch durch die Nachrichten über die Kost in heissen Ländern bestätiget. In dem Berichte der österreichischen Expedition nach Siam, China und Japan von C. v. Scherzer sind einige sehr werthvolle Angaben über die Kost dieser Völker enthalten. Ein im südlichen China lebender Arbeiter nimmt täglich 902g Reis im Mittel auf, und dazu noch Fische, Schweinefleisch, Bohnen- und Erbsenmus, grüne Gemüse, Fadennudeln, den aus Erbsen gemachten eiweissreichen Käse, Reisbranntwein und ausserdem in unbeschränktem Maasse Thee und Tabak. Für einen mittleren in unseren Gegenden lebenden Arbeiter habe ich als nöthig berechnet: 896g Reis mit einem geringen Zusatz einer eiweissreichen Substanz.

Ich habe mich bis jetzt vergeblich bemüht, weitere authentische Nachrichten über die Nahrung der Menschen in heissen Klimaten zu erhalten, z. B. über die Menage der englischen oder eingeborenen Soldaten in Indien, über die Kost der Araber in der Wüste oder der schwarzen Arbeiter in Brasilien. Engländer, welche längere Zeit in Indien gelebt haben, versichern mich übereinstimmend, dass sie dort nicht weniger und nicht anders essen als in der Heimat. Ueber die Ernährungsverhältnisse in Aegypten erfuhr ich aus zuverlässiger Quelle: „Die Araber Aegyptens essen sehr viel, wenn sie es haben, sehr wenig wenn sie es nicht haben. Land- und Seetruppen sind sehr gut und reichlich verpflegt; ihre Verpflegung ist fast die gleiche der europäischen Truppen. Die Europäer im Lande leben sehr üppig. Trotz alledem, was man mir in Europa als Lehren an die Hand gab, esse und trinke ich hier viel mehr und stärker als in Europa."

Wenn man die Sache nach den über die Bedeutung der einzelnen Nahrungsstoffe jetzt ermittelten Thatsachen überlegt, so kann es auch gar nicht anders sein. Es muss dem Organismus eine bestimmte Menge von Nahrungsstoffen zugeführt werden; genügend Eiweiss, um den Eiweissbestand des Organismus zu erhalten, und ausserdem so viel stickstofffreie Stoffe, damit der Fettgehalt des Körpers nicht abnimmt.

Zur Erhaltung eines bestimmten Organismus gehört eine gewisse Quantität von Eiweiss; Niemand sieht ein, warum sich in der Wärme weniger Eiweiss zersetzen soll als bei einer mittleren Temperatur. Ebenso ist eine bestimmte Menge von stickstofffreien Stoffen zur Erhaltung des Organismus erforderlich, die sich vorzüglich nach der Arbeitsleistung desselben richtet. Wird daher in heissen Klimaten die gleiche Arbeit verrichtet wie in unseren gemässigten, so wird auch nahezu die gleiche Menge stickstofffreier Stoffe zersetzt, wobei allerdings recht viel und zwar unnöthig viel Wärme geliefert wird. Aber es werden dem Organismus nicht, wie man früher vielfach glaubte, gewisse Stoffe gegeben, um bei ihrem Zerfall die nöthige Menge von Wärme zu erzeugen, sondern um den Körper auf seiner stofflichen Zusammensetzung zu erhalten. Dabei wird in den Tropen mehr Wärme gebildet als zur Erhaltung der Körpertemperatur nöthig ist. Deshalb ist es auch viel schwieriger, in solchen Himmelsstrichen zu arbeiten, da man dorten die grosse Quantität von Wärme nur mit Mühe los wird.

Viele Anstrengungen und mancherlei Veranstaltungen sind daher bekanntlich in den Tropenländern darauf gerichtet, die Wärme, welche bei der Ernährung des Körpers erzeugt wird, wieder anzubringen, z. B. durch gute Wärmeleiter in Kleidung und Wohnung, durch Verdunsten von Wasser, Zufächeln von Luft, häufige Bäder.

Jagdhunde athmen in der Hitze keuchend mit weit herausgestreckter Zunge, um durch vermehrte Wasserverdunstung und Leitung aus der Lunge Wärme zu verlieren, obwohl sie durch die hastigen Athembewegungen wieder zu einer Mehrerzeugung von Wärme Veranlassung geben.

Würde eine Regulation für höhere Temperaturen durch eine geringere Zersetzung bestehen, so würde wohl im Körper weniger Wärme erzeugt werden, aber der wie gewöhnlich arbeitende Mensch würde sich dann wahrscheinlich bei geringerer Nahrungszufuhr nicht auf seinem stofflichen Bestande erhalten und nach einiger Zeit zu Grunde gehen.

Aus diesem Beispiele ersehen wir abermals recht schlagend, dass wir einen Stoff, der nichts weiter thut als Wärme zu entbinden, nicht einen Nahrungsstoff nennen dürfen; denn es kann uns seine Zersetzung und seine Eigenschaft, Wärme zu bilden, unter Umständen recht unbequem werden und unnütz sein.

In heissen Klimaten thut man gut, solche Nahrungsstoffe zu wählen, welche ihren Zweck der Erhaltung der Körpersubstanz erfüllen und dabei so wenig als möglich Wärme liefern. Ob dies in der in jenen Gegenden üblichen Nahrung eingehalten ist, ist schwer zu sagen. Da die verschiedenen eiweissartigen Substanzen nahezu die gleiche Menge von Wärme geben werden, so kommen hier hauptsächlich das Fett und die Kohlehydrate in Betracht. Nach den Bestimmungen von Frankland erzeugt 1 g Fett 9069 Wärmeeinheiten, 1 g Stärkemehl nur 3752 Wärmeeinheiten. Da 1 g Fett in seiner Wirkung auf die Fettabgabe im Körper etwa 1,75 g Stärkemehl oder Zucker äquivalent ist, so werden bei gleicher Wirkung vom Fett 9069, vom Stärkemehl nur 6566 Wärmeeinheiten geliefert. Es ist möglich und wahrscheinlich, dass der reichliche Genuss von stärkemehl- und zuckerhaltigen Nahrungsmitteln in den Tropen, wie z. B. von Reis, Mais, Zuckerrohr, Datteln etc., hierauf zurückzuführen ist.

Ueber die Ausscheidung des Salmiaks im Harn des Hundes.

Von **Dr. Ludwig Feder.**

(Aus dem physiologischen Laboratorium zu München.)

Vor Kurzem habe ich in dieser Zeitschrift Versuche über die Schicksale, welche in den Darmcanal eingeführter Salmiak im Körper des Hundes erleidet, veröffentlicht[1]), deren Resultate den ebenfalls an Hunden erhaltenen Ergebnissen Anderer in manchen wesentlichen Punkten widersprechen. Bei der Bedeutung nun, welche die Art der Ausscheidung des Ammoniaks im Harn für die Vorstellungen von der Entstehung des Harnstoffes im Thierkörper erlangt hat, war mir daran gelegen, die gewonnenen Resultate einerseits über jeden Zweifel zu erheben und andererseits die schon hervorgehobenen Analogien in dem Verhalten des Salmiaks und des Kochsalzes noch schärfer hervortreten zu lassen.

Dies war am besten zu erreichen, wenn eine ähnliche Versuchsanordnung angewendet wurde, wie sie Prof. Voit früher bei seiner Untersuchung „über den Einfluss des Kochsalzes auf den Stoffwechsel" angegeben hat.

Nachdem nämlich bei einem Hunde die tägliche Durchschnittsausscheidung an Kochsalz bei Fütterung mit reinem Fleisch festgestellt war, wurde dem Thiere zu diesem Futter längere Zeit hindurch noch Kochsalz zugegeben und nach dem Aufhören des Kochsalzzusatzes der Versuch noch so lange fortgesetzt, bis die täglich ausgeschiedene Menge Chlornatrium der mittleren normalen Ausscheidungsgrösse wieder gleichkam. Es gelang auf diese Weise

1) Zeitschrift für Biologie 1877 Bd. XIII S. 256.

einmal alles eingeführte Kochsalz im Harn wieder zu finden und ferner festzustellen, wie viel davon der Körper des Versuchsthieres aufzuspeichern im Stande war.

Ein Bedenken gegen die Anwendung dieser Versuchsanordnung für unseren Fall stieg natürlich sofort auf, nämlich das, ob es möglich sein werde, einem Hunde einigermassen erhebliche Mengen von Salmiak längere Zeit hindurch beizubringen, ohne das Leben des Thieres zu bedrohen. Die früheren Versuche hatten ja die schlimmen Wirkungen des Salmiaks auf den hungernden Organismus zur Genüge ergeben; nach den geschöpften Erfahrungen war nicht daran zu denken, den Versuch am hungernden Thiere durchführen zu können. Es fielen aber auch die Gründe weg, welche ich früher als ausschlaggebend für die Wahl des Hungerzustandes bezeichnet habe. Im jetzigen Falle war nämlich die bekannte Vermehrung der Harnstoff- und Stickstoffausscheidung vollständig nebensächlich, und das ganze Interesse concentrirte sich auf die Ausscheidung von Ammoniak und Chlor.

Es wurde daher dem schon früher verwendeten grossen Hunde, nunmehr 39 kg schwer, am 27. März 1877 Abends das gemischte Fressen entzogen; er kam zugleich in den Käfig und musste zunächst zwei Tage hungern. Da ein Versuchstag stets von 8 Uhr Morgens eines Tages bis 8 Uhr Morgens des nächsten Tages dauern sollte, wurde das Thier am 30. Morgens vor 8 Uhr ins Freie geführt, damit es seine Harnblase völlig entleeren und sodann der eigentliche Versuch beginnen könne. Als Futter reichte ich täglich 500 g ausgeschnittenes Muskelfleisch und 120 g Speck, die mit dem Wiegemesser möglichst zerkleinert wurden. Ausserdem gab ich als Getränk täglich 300 ccm Wasser. Nahrung und Wasser vertheilte ich auf drei gleiche Portionen, die um 9 Uhr, 12 Uhr und Nachmittags 3 Uhr gereicht wurden. Den Salmiak streute ich einfach unmittelbar vor der Fütterung auf das Fleisch.

Nachdem dieses Futter während 4 Tagen verzehrt worden war, um ein Bild der dabei stattfindenden Normalausscheidung an Chlor und Ammoniak zu gewinnen, musste das Thier am 5. Versuchstage hungern und erhielt nur 300 ccm Wasser und gegen Abend einige Röhrenknochen mit möglichst wenig spongiöser Substanz. Zweck

dieser Maassregel war, den Koth der vorausgegangenen Fütterung von dem der nun folgenden Salmiaktage gut abzugrenzen. Vom 6. Versuchstage an mengte ich dann dem früheren Futter täglich 5g Salmiak bei. Gierig verzehrte das Thier auch dann noch das Vorgesetzte und zeigte keinerlei bemerkenswerthe Erscheinungen bis zum 11. Versuchstage, dem 6. Tage der Salmiakfütterung. An diesem verweigerte der Hund Morgens plötzlich das Fressen, zeigte dagegen grosse Begierde nach Wasser. Da in Folge der Salmiakaufnahme sehr ansehnliche Harnmengen aufgetreten waren, so dass die Zufuhr an Wasser jedenfalls weit hinter der Ausfuhr zurückstand, so glaubte ich das Verhalten des Thieres auf grossen Durst zurückführen zu müssen und beschloss ihm von nun ab täglich 600ccm Wasser zu geben. Aber auch durch die vermehrte Wasserdarreichung konnte der Hund nicht dazu gebracht werden, sein Futter an diesem Tage freiwillig zu verzehren, so dass es ihm schliesslich in drei Portionen gewaltsam beigebracht werden musste. Im Uebrigen war nichts Besonderes am Hunde wahrzunehmen. Im Laufe des Nachmittages nun, um 5 Uhr, entleerte er Harn in den Käfig, was er sonst nie gethan hatte. Gleich darauf wurde er ins Freie geführt, wobei er nochmals Harn liess. Der in den Käfig gelassene Harn wurde getrennt von dem übrigen aufgesammelt. Obwohl der Harn nur kurze Zeit im Käfig geblieben war, reagirte er doch nur mehr schwach sauer, während der unmittelbar nachher aufgefangene stark saure Reaction zeigte. Die benetzten Stellen des Käfigs, sowie das Gefäss, in welchem der aus dem Käfig abfliessende Harn sich angesammelt hatte, wurden mit destillirtem Wasser ausgewaschen, mit einem reinen Schwämmchen aufgetrocknet und die alkalisch reagirende, schmutzig braune Flüssigkeit filtrirt. Der übrige Harn des Versuchstages wurde wie sonst beim Herumführen des Thieres in einem untergehaltenen Glase aufgefangen. Dagegen fand sich am Morgen des 10. Aprils Koth im Käfig von der Consistenz einer Pomade, in welchem rothe Streifen und Tüpfelchen eine Beimengung von Blut vermuthen liessen. Trotzdem erhielt das Thier am 12. Versuchstage abermals 5g Salmiak zu seinem Futter, das es von jetzt ab wieder freiwillig verzehrte. Als aber auch an diesem Tage eine breiige Entleerung mit Blutstreifen sich

einstellte, wurde vom 13. Versuchstage ab kein Salmiak mehr gereicht. Dessen ungeachtet trat noch an jedem der folgenden Versuchstage stets eine weiche Kothentleerung mit geringer Blutbeimengung auf.

Da nach Ablauf des 3. Tages nach der Salmiakperiode erwartet werden konnte, dass das früher aufgespeicherte Ammoniak nunmehr ebenfalls durch den Harn ausgeschieden war, führte ich den Versuch zu Ende. Es geschah dies in der Art, dass am 16. Versuchstage zu dem gewöhnlichen Futter noch 10^g Chlornatrium zugesetzt wurden, um durch dasselbe das etwa noch im Körper steckende Ammoniak völlig auszutreiben. Am 15. April Mittags erhielt das Thier sodann zur Abgrenzung des im Darm befindlichen Kothes Knochen, und alsdann gemischtes Fressen. Daraufhin trat am 16. April Mittags eine Entleerung von geformtem Kothe ein, der zum Theil aus leicht abtrennbarem Knochenkoth, zum Theil aus Fleischkoth, der aussen etwas blutig gefärbt war, bestand. Es konnte damit der Versuch als beendigt angesehen und das Thier wieder ins Freie gethan werden. Das Gewicht des Thieres betrug am Morgen des 15. April nur mehr 36^{kg}.

In dem täglich in einem untergehaltenen Glase direct aufgefangenen Harne wurde der Harnstoff unter Berücksichtigung des Chlors nur nach der Liebig'schen Methode bestimmt, da ich bei dem geringen Werthe, den diesmal die Verfolgung der Harnstoffausscheidung hatte, mich nicht abermals der mühsamen und zeitraubenden Bunsen'schen Methode bedienen wollte. Das Chlor wurde sowohl in dem frischen als in dem mit etwas Salpeter veraschten Harne mit salpetersaurem Silber titrirt und das Ammoniak wie früher mit Platinchlorid in der schon angegebenen Weise bestimmt. Ich kann nämlich auch jetzt noch die volle Zuverlässigkeit der Schlösing'schen Ammoniakbestimmung für den Hundeharn nicht zugeben.

Ich habe wiederholt Versuche hierüber angestellt und stets gefunden, dass die Ammoniakentwicklung nach 48 Stunden noch nicht beendet ist, ja dass sie selbst 5 Tage und noch länger anhalten kann. Das gleiche Resultat erhielt Herr Max Rubner, der auf Veranlassung von Prof. Voit ebenfalls einige Bestimmungen machte. Ich stelle im Nachfolgenden die Versuche übersichtlich zusammen.

1. Hundeharn bei Fütterung mit Fleisch und Speck (18. April 1877 aus einer Salmiakreihe).

Menge: 860 ccm. Spec. Gew.: 1027. Zur Bestimmung verwendet je 25 ccm Harn.

Stunden seit Beginn des Versuchs	ccm Barytwasser weniger zur Sättigung nöthig	Ammoniak an die SO_4H_2 abgegeben in mg	Die tägliche Ammoniakmenge in % der Gesammtmenge
48	4,7	18,76	52,2
96	2,7	10,78	30,0
144	1,6	6,39	17,8
Summe	9,0	35.93	—

In 860 ccm Harn sind demnach 1,2360 g NH_3 enthalten.

2. Hundeharn bei Fütterung mit Fleisch und Speck (25. April 1877).

Menge: 1195 ccm. Spec. Gew.: 1022. Zur Bestimmung verwendet je 25 ccm Harn.

Stunden seit Beginn des Versuchs	ccm Barytwasser weniger zur Sättigung nöthig	Ammoniak an die SO_4H_2 abgegeben in mg	Die tägliche Ammoniakmenge in % der Gesammtmenge
32	2,8	11,02	82,4
76	0,5	1,97	14,7
124	0,1	0,39	2,9
148	0	0	0
Summe	3,4	13,38	—

In 1195 ccm Harn sind demnach 0,5330 g NH_3 enthalten.

3.[1]) Hundeharn bei Fütterung mit Fleisch und Speck (26. April 1877).

Menge: 1250 ccm. Spec. Gew.: 1021. Zur Bestimmung verwendet je 30 ccm Harn.

Stunden seit Beginn des Versuchs	ccm Barytwasser weniger zur Sättigung nöthig	Ammoniak an die SO_4H_2 abgegeben in mg	Die tägliche Ammoniakmenge in % der Gesammtmenge
48	3,25	12,79	86,6
101	0,5	1,97	13,4
143	0	0	0
Summe	3,75	14,76	—

In 1250 ccm Harn sind demnach 0,6150 g NH_3 enthalten.

1) Bestimmung 2 und 3 sind von Herrn Rubner ausgeführt und mir freundlichst zur Verfügung gestellt worden.

4. Hundeharn aus einer Hungerreihe (28. Juni 1877).

Menge: 345 ccm. Spec. Gew.: 1044. Zur Bestimmung verwendet je 30 ccm Harn.

Stunden seit Beginn des Versuchs	ccm Barytwasser weniger zur Sättigung nöthig	Ammoniak an die SO_4H_2 abgegeben in mg	Die tägliche Ammoniakmenge in % der Gesammtmenge
48	14,8	56,3	85,5
72	1,3	5,0	7,6
120	1,1	4,2	6,3
168	0,1	0,4	0,6
Summe	17,3	65,9	—

In 345 ccm Harn sind demnach 0,7580 NH_3 enthalten.

Bei zweien von diesen Versuchen habe ich gleichzeitig die Ammoniakbestimmung mit Platinchlorid ausgeführt und ziemlich ähnliche Zahlen erhalten. Es geschah dies in dem ersten und dem dritten Versuche.

	Ammoniak nach Schlösing-Neubauer	Ammoniak nach Heintz
1.	1,2360	1,3430
2.	0,6150	0,7539

Dass die nach Schlösing gewonnenen Zahlen etwas gegenüber den nach Heintz erhaltenen zurückstehen, kommt wohl daher, dass bei ersteren die Glocke öfter geöffnet wurde, um die SO_4H_2 zu erneuern, wobei natürlich ein Verlust unvermeidlich ist. Ich habe sonach in dieser Beziehung das gleiche Resultat erhalten wie Immanuel Munk[1]), der auf Veranlassung von Salkowski die Methode Neubauer's einer gründlichen Prüfung in Bezug auf ihre Verwendbarkeit für den Hundeharn unterzogen hat. Munk glaubt nun die Brauchbarkeit derselben dargethan zu haben. Auch er hat gefunden, dass die Ammoniakentwicklung 3, ja selbst 4 und 5 Tage anhalten kann. Doch trat dieser letztere Fall nur dann manchmal ein, wenn der angewandte Harn ein spec. Gewicht von 1035 und darüber hatte. Munk räth daher, den Harn stets so zu verdünnen, dass sein spec. Gewicht zwischen 1020—1030

1) Virchow's Archiv Bd. LXIX S. 361 ff.

liegt. Allein es kann der Fall eintreten, wie die oben angeführten Versuche beweisen, dass auch ein specifisch leichterer Harn 5 und 6 Tage lang fortfährt Ammoniak zu entwickeln, wenn nur sein procentischer Gehalt an Ammoniaksalzen ein gewisses Maass überschreitet. Man kann sonach durchaus nicht immer von vornherein sagen, wie lange es dauert, bis durch die Kalkmilch alles Ammoniak ausgetrieben ist, und deshalb halte ich die Bestimmung für den Hundeharn für nicht ganz zuverlässig. Dagegen scheint, wenigstens bei Anwendung von Kalkmilch, eine Zersetzung von stickstoffhaltigen Harnbestandtheilen nicht zu erfolgen; denn es stimmen sowohl die von Munk als auch die von mir ausgeführten Controlbestimmungen mit $PtCl_4$ mit den nach der Schlösing'schen Methode gewonnenen Werthen überein.

Auch den Koth zog ich in den Kreis der Beobachtung, indem ich ihn sowohl auf Chlor als auf Ammoniak prüfte. Das Chlor wurde nach der von Bunge angegebenen Methode durch Verbrennen mit kohlensaurem Natron und nachherige Titrirung mit salpetersaurem Silber bestimmt. Für das Ammoniak in den Faeces dagegen bediente ich mich der Schlösing'schen Methode, indem ich eine gewogene Menge des frischen Kothes mit Kalkmilch mischte und das Ammoniak von titrirter Schwefelsäure absorbiren liess.

In nachstehender Tabelle finden sich die Resultate aller dieser Bestimmungen gesammelt.

IV. Salmiak-Versuch.

Nr.	Datum 1877	Nahrung			Salmiak	Harn			Harnstoff (Liebig)	Chlor		Ammoniak nach Heintz	Koth		% Gehalt an Wasser	Im Kothe	
		Fleisch	Speck	Wass r		Menge	Spec. Gewicht	Reaction		nach Mohr	nach Neubauer		frisch	trocken		Chlor	Ammoniak
1	30. März	500 g	120 g	300 ccm	—	807	1025	Schwach sauer	37,6	1,491	1,130	—	—	—	—	—	—
2	31. „	500	120	300	—	710	1028	„	36,8	1,113	0,815	—	—	—	—	—	—
3	1. April	500	120	300	—	650	1031	„	36,2	1,056	0,874	0,587	—	—	—	—	—
4	2. „	500	120	300	—	655	1030	Sauer	38,3	0,917	0,807	0,553	—	—	—	—	—
5	3. „	0 Kno	chen 0	300	—	440	1030	Schwach sauer	19,8	0,764	0,517	0,408	—	—	—	—	—
6	4. „	500 g	120 g	300	5,0	810	1031	Stark sauer	45,9	2,994	2,517	1,536	152,0	60,3	60,3	0,191	0,239
7	5. „	500	120	300	5,0	820	1032	„	48,3	3,903	3,306	1,676	—	—	—	—	—
8	6. „	500	120	300	5,0	820	1031	„	48,3	3,903	3,260	2,124	—	—	—	—	—
9	7. „	500	120	300	5,0	865	1030	„	51,5	4,069	3,536	1,986	—	—	—	—	—
10	8. „	500	120	300	5,0	895	1030	„	51,0	3,959	3,308	1,761	124,1	38,6	68,9	0,209	0,311
11	9. „	500	120	600	5,0	922	1030	„	54,4	3,577	3,154	1,785	135,3	24,8	81,7	0,359	0,114
12	10. „	500	120	600	5,0	890	1028	„	49,2	1,894	1,495	1,799	58,9	15,6	73,4	0,144	0,120
13	11. „	500	120	600	—	860	1027	„	43,9	0,915	0,771	1,342	133,2	28,3	78,8	0,142	0,133
14	12. „	500	120	600	—	897	1025	„	41,4	0,502	0,402	1,056	} 90,4	24,9	72,5	0,217	0,097
15	13. „	500	120	600	—	985	1023	Sauer	43,9	0,552	0,303	0,961					
16	14. „	500	120	600	10g ClNa	1343	1022	„	47,4	3,610	3,159	0,949	—	—	—	—	—
17	15. „	Ge	mischtes	Fressen	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
18	16. „	„	„	„	—	—	—	—	—	—	—	—	39,5	15,5	60,8	0,081	0,029

Leider konnten die für den 11. Versuchstag treffenden Ammoniakzahlen wegen des schon beschriebenen Unfalles nicht direct ermittelt werden. Ich bin daher genöthigt, für die Berechnung das Mittel aus den Zahlen des 10. und 12. Versuchstages einzusetzen, eine Maassregel, die jedoch ein Blick auf die Tabelle als keineswegs ungerechtfertigt erkennen lässt.

Die Resultate dieses Versuchs liefern den zwingenden Beweis, dass das Ammoniak des Salmiaks beim Hunde vollständig als solches in den Harn übertritt, also nicht in Harnstoff sich verwandelt. Freilich macht sich auch hier wieder die Thatsache geltend, dass das Ammoniak sehr lange im Körper zurückgehalten wird; denn von den gefütterten 11,1 g NH_3 waren bis zu dem Tage, an dem zum letzten Male Salmiak gegeben wurde, erst 8,677 g oder 78,4 % der zugeführten Menge im Harn erschienen, während 2,028 g erst in den folgenden Tagen zur Ausscheidung kamen. Die Verhältnisse der Zufuhr und Ausscheidung gestalten sich nämlich folgendermassen:

Versuchstag	Zugeführtes Ammoniak		Ammoniak mehr als normal ausgeschieden	
6.	1,59	11,13	0,966	8,677
7.	1,59		1,106	
8.	1,59		1,554	
9.	1,59		1,416	
10.	1,59		1,191	
11.	1,59		1,215	
12.	1,59		1,229	
13.	—		0,772	2,028
14.	—		0,486	
15.	—		0,391	
16.	—		0,379	

Im Ganzen fanden sich sonach im Harn von 11,1 g Ammoniak des Salmiaks 10,705 g wieder oder 96,7 %. Auch über den fehlenden Rest bleibt der Versuch die Antwort nicht schuldig. Denn 0,26 g oder 2,3 % Ammoniak finden sich im Kothe, und der noch abgängige Theil fällt in die Fehlergrenzen.

Ich habe somit alles zugeführte Ammoniak in den Excreten wieder aufgefunden und alles resorbirte Ammoniak im Harn nachgewiesen.

Ausserdem ergaben sich noch einige andere Verhältnisse, die nicht ohne Interesse sind. Am 8. Versuchstage erschien ebensoviel überschüssiges Ammoniak im Harn, als dem Thiere im Tage zugeführt wurde. Man hätte daher denken sollen, dass der Organismus zu dieser Zeit mit Ammoniak gesättigt gewesen wäre. Allein an den nun folgenden Salmiaktagen wurden ebenfalls noch kleine Mengen Ammoniak zurückgehalten, so dass schliesslich am 12. Versuchstage bei Unterbrechung der Salmiakfütterung von den 11,1 g NH_3 2,4 g nicht im Harn erschienen waren. Da nun, wie erwähnt, 0,26 g Ammoniak im Darminhalte sich fanden, so wurden 2,14 g Ammoniak im Körper aufgespeichert. Diese erschienen nun nach dem Aufhören der Salmiakfütterung allmählich im Harn bis auf einen ganz kleinen Rest, der sich der Bestimmung entzog. Ich hätte erwartet, dass der Organismus zuerst bis zur Sättigung Ammoniak aufspeichert und dann sich des weiter zugeführten Ammoniaks möglichst schnell zu entledigen sucht, so dass etwa vom 4. Tage ab täglich ebensoviel in den Harn übergeht, als dem Körper zugeführt wird. Doch ist das erneute Zurückhalten des Ammoniaks vielleicht darauf zurückzuführen, dass das Thier bei der beschränkten Wasseraufnahme in der Abfuhr des Ammoniaks mit der Zufuhr nicht gleichen Schritt halten konnte.

In so fern zeigte sich auch eine Differenz zwischen diesem und den früheren Versuchen, als die Zeit, in welcher das aufgespeicherte Ammoniak in den Harn überging, bei den letzteren viel länger war. Während z. B. in dem 3. Hungerversuche 1,92 g zurückgehaltenes Ammoniak erst im Laufe von 7 Tagen zur Ausscheidung kamen, ist in diesem Versuche schon 4 Tage nach der letzten Salmiakzufuhr alles Ammoniak in den Harn übergetreten. Es kann dies wohl nur darin seinen Grund haben, dass der letzte Versuch nicht am hungernden Thiere, sondern bei voller Ernährung angestellt wurde. Doch ist der Zusammenhang ebensowenig klar, als es die Ursachen sind, um derentwillen der Salmiak im Körper so lange zurückgehalten wird. Zu der Zurückhaltung mag viel-

leicht ausser der jedenfalls langsamen Resorption des Salmiaks aus dem Darmkanale noch der Umstand beitragen, dass der Salmiak im Körper zerlegt wird und Chlor und Ammoniak im Harn nicht in äquivalenten Mengen erscheinen. Ich werde übrigens auf diese gerade diesmal sehr hervortretende Erscheinung noch zurückkommen.

Die Chlorausscheidung zeigt ziemlich auffallende Verhältnisse. Während die tägliche Normalmenge, aus den Zahlen des 4. und 14. Versuchstages berechnet, 0,604g Chlor betrug, erschienen unter dem Einflusse des Salmiaks vom 6. bis 13. Versuchstage incl. 21,347g Chlor, eine Zahl, die hinter der im Salmiak eingeführten Chlormenge von 23,24g um 1,9g zurückbleibt. Um aber die dem Salmiak zur Last fallende Mehrausscheidung zu erfahren, müssen von den 21,35g noch 4,83g als Normalausscheidung für 8 Tage in Abzug gebracht werden, so dass sich die Mehrausscheidung an Chlor nur auf 16,52g stellt und somit 6,7g Chlor weniger im Harn sich finden, als der gefütterten Salmiakmenge entspricht. Von dem im Salmiak enthaltenen Chlor konnten daher nur 72 % im Harn wieder aufgefunden werden. Aber auch der durch den Harn ausgeschiedenen Ammoniakmenge ist das im Harn gefundene Chlor keineswegs äquivalent, weder an den einzelnen Tagen, noch in der Gesammtmenge. Die 10,7g Ammoniak, die sich als Plus im Harn finden, würden als äquivalente Chlormenge 22,3g erfordern, sonach um 5,8 mehr als sich wirklich im Harn gefunden hat. Wie weit an den einzelnen Tagen das Verhältniss von Chlor und Ammoniak von dem im Salmiak gegebenen abweicht, mag nachstehende kleine Tabelle darthun.

Versuchstag	Salmiak	Mehrausscheidung an Ammoniak	Mehrausscheidung an Chlor	Chloraequivalent des Plus an Ammoniak	Verhältniss von Ammoniak und Chlor 1 NH_3 : Cl [1])
6.	5,0g	0,966	1,913	2,017	1,98
7.	5,0	1,106	2,702	2,309	2,44
8.	5,0	1,554	2,656	3,245	1,64
9.	5,0	1,416	2,932	2,957	2,07
10.	5,0	1,191	2,704	2,487	2,27
11.	5,0	1,215	2,550	2,537	2,10
12.	5,0	1,229	0,891	2,566	0,72
13.	—	0,772	0,167	1,612	0,22
14.	—	0,486	—	1,015	—
15.	—	0,391	—	0,816	—
16.	—	0,379	—	0,791	—
		10,705	16,515	22,352	

[1]) Im Salmiak trifft auf 1 NH_3 = 2,09 Cl.

Es wird also die schon früher gefundene Thatsache, dass der Salmiak nicht als solcher in den Harn übertritt, auch durch diesen Versuch bestätigt. Es ist dies um so bemerkenswerther wegen der in neuerer Zeit von Walter gemachten und von Schmiedeberg zu weiteren Schlüssen verwendeten Angaben, auf die ich ebenfalls noch zurückkomme. Alle meine Versuche zeigen, dass im Körper des Hundes der Salmiak wenigstens zum Theil eine Zerlegung erfährt; das Ammoniak wird an eine andere Säure, wahrscheinlich an Phosphorsäure gekettet und das Chlor tritt an fixe Alkalien gebunden in den Harn über. Dafür spricht auch die schon früher hervorgehobene Vermehrung der Kaliausscheidung während der Salmiakfütterung, die auch diesmal wieder auftrat.

Tag	Kalium	Tag	Kalium
3.	2,61	9.	3,01
4.	2,21	10.	3,35
5.	1,33	12.	1,34
6.	2,23	13.	1,17
7.	3,12	14.	1,44
8.	2,23	15.	1,73
		16.	2,49

Aus der Tabelle ist ersichtlich, dass die Kaliausscheidung unter dem Einflusse des Salmiaks ansteigt, dem Hundeorganismus sonach durch den Salmiak Alkali entzogen wird. Allein diese Entziehung findet sehr bald eine Grenze, und die ausgeschiedenen Kalimengen sinken unter die normale Grösse noch während der Salmiakzufuhr, was um so auffallender ist, da, wie ich gleich zeigen werde, selbst bei Abschluss des Versuches noch beträchtliche Chlormengen im Körper sich befanden. Die im Harn fehlenden $6,7^{g}$ Chlor konnten nämlich nicht, wie ich anfänglich glaubte, im Kothe wieder aufgefunden werden, wie die nach der von Bunge angegebenen Methode ausgeführten Chlorbestimmungen lehrten. Es ist die Bunge'sche Methode für den Koth besonders gut verwerthbar, da derselbe sehr leicht vollständig verascht. Der Einfachheit halber habe ich die in verdünnter Salpetersäure gelöste Asche mit kohlensaurem Kalk neutralisirt und nun das Chlor mit salpetersaurem Silber und chromsaurem Kali titrirt. Aus den Chlormengen im täglichen Kothe ist dann die Mehrausscheidung an Chlor, ganz wie oben beim Ammoniak des Kothes, in der Weise berechnet, dass die auf

das Trockengewicht des betreffenden Kothes berechnete normale Chlormenge von der wirklich darin vorhandenen in Abzug gebracht wurde. Als Normalkoth konnte ich den am 6. Versuchstage (am 4. April Abends 5 Uhr) entleerten Koth ansehen. Setze ich zur besseren Uebersicht die oben schon angegebenen täglich ausgeschiedenen trockenen Kothmengen und das darin enthaltene Chlor nochmals hierher, so ergiebt sich:

Versuchstag	Trockener Koth in g	Darin Chlor	Normal wäre darin	Demnach Plus
6.	60,3	0,191	—	—
10.	38,6	0,209	0,122	0,087
11.	24,8	0,359	0,078	0,281
12.	15,6	0,144	0,049	0,095
13.	28,3	0,142	0,089	0,053
14. 15.	24,9	0,217	0,079	0,138
	132,2	1,071	0,417	0,654

Sonach wurden nur 0,654 g Chlor im Kothe ausgeschieden und 6 g fehlen in den Ausscheidungsproducten.

Man könnte nun meinen, dass der Organismus in dem Falle, wo so beträchtliche Chlormengen im Körper vorhanden sind, das für normal ausgeschiedene Chlor nicht mehr zur Ausscheidung brächte, sondern sich nur des im Salmiak eingeführten zu entledigen suche. Dann dürfte natürlich kein Abzug mehr für die Normalausscheidung in Anschlag gebracht werden, und der Körper würde reicher an Chlor durch Aufspeicherung des aus der zersetzten Nahrung und Körpersubstanz stammenden Chlors. Allein selbst dann übersteigt die in der Zufuhr enthaltene Chlormenge die in den Ausscheidungsproducten gefundene noch um beinahe 1,0 g. Uebrigens erweisen meine früheren Salmiakversuche, sowie die später zu beschreibenden Versuche mit Kochsalz diese Annahme als unrichtig. Und somit sind 6 g Chlor des Salmiaks im Körper zurückgehalten worden, obwohl dieselben zu ihrer Ausscheidung genügende Ammoniakmengen zur Verfügung gehabt hätten.

Von Interesse ist ferner auch, dass die trockene Kothmenge unter dem Einflusse des Salmiaks zunahm. Normal hatte das Thier in 5 Tagen 60,3 g, d. i. im Tag 12,1 g trockenen Koth entleert,

in der Salmiakperiode entleerte es in 7 Tagen 132,2g, d. i. im Tag 18,9g, also um 56% mehr, ein Beweis, dass der Salmiak im Stande ist, entweder die Ausnützung des Futters im Darm erheblich zu verringern oder eine grössere Ausscheidung aus der Darmschleimhaut selbst zu bewirken. Im Gegensatz zum Harn finden sich ferner Chlor und Ammoniak im Kothe in äquivalenten Mengen.

Im Anschluss an die Betrachtung des Verhaltens von Ammoniak und Chlor will ich auf den von Salkowski gegen die Beweiskraft meiner früheren Versuche erhobenen Einwand eingehen.

Salkowski sagt[1]), auf eine bestimmte Menge im Körper zersetzten Eiweisses komme beim Hund eine bestimmte Menge Harnstoff und eine bestimmte Menge Ammoniak im Harn, deshalb steige, wenn die Eiweisszersetzung zunimmt, auch die Menge des ausgeschiedenen Ammoniaks an. Es hätte daher in meinen Versuchen am hungernden Hunde, dessen Harnstoffausscheidung durch die Salmiakzufuhr auf das Doppelte gesteigert wurde, auch mehr Ammoniak als die Normalausscheidung in Abzug gebracht werden müssen.

Es ist nun nicht richtig, dass ohne Salmiakzufuhr auf eine bestimmte Menge zersetztes Eiweisss auch eine entsprechende Menge von Ammoniak im Harn erscheint, wie es für den Harnstoff annähernd der Fall ist. Dies thun folgende Zahlen von Normaltagen aus meinen Salmiakversuchen dar.

			Harnstoff	Ammoniak
I. Salmiakversuch	2. Tag	. . . . .	12,2	0,419
„	3. „	. . . . .	11,3	0,150
II. Salmiakversuch	6. „	. . . . .	7,6	0,288
III. Salmiakversuch	6. „	. . . . .	14,8	0,629
„	12. „	. . . . .	15,6	0,686
„	13. „	. . . . .	20,1	0,659
IV. Salmiakversuch	3. „	. . . . .	36,2	0,587
„	4. „	. . . . .	38,3	0,553
„	5. „	. . . . .	19,8	0,408
I. Kochsalzversuch	4. „	. . . . .	24,7	0,679
„	5. „	(15g Kochsalz) .	27,4	0,421
II. Kochsalzversuch	17. „	. . . . .	83,2	1,869
„	18. „	(15g Kochsalz) .	86,2	1,648

Beim 3. Versuche stieg die Harnstoffmenge vom 12. zum 13. Versuchstage ohne äussere Veranlassung von 15,6 auf 20,1g. Die

1) Zeitschr. f. phys. Chemie Bd. I Heft 1 S. 52.

Ammoniakmenge dagegen fiel in ganz der gleichen Weise wie vorher und nachher langsam ab. Entsprechend der Harnstoffausscheidung hätten am 13. Versuchstage statt 0,659 g 0,9 Ammoniak erscheinen müssen.

In den unten noch zu beschreibenden Kochsalzversuchen habe ich an je 2 Tagen Ammoniakbestimmungen mit $PtCl_4$ gemacht und zwar am Tage vor der Chlornatriumfütterung und am Tage derselben.

In beiden Fällen ist trotz der eintretenden Harnstoffsteigerung eine nicht unbeträchtliche Verminderung der Ammoniakausscheidung erfolgt und keine Vermehrung. Ebenso sah auch Walter nach Injection grösserer Wassermengen in den Magen keine Vermehrung der Ammoniakausscheidung eintreten, obwohl dadurch der Eiweissumsatz jedenfalls auch gesteigert wurde.

Wenn aber weder die durch Chlornatriumfütterung noch die durch vermehrte Wasseraufnahme hervorgerufene Steigerung der Eiweisszersetzung eine vermehrte Ausscheidung an Ammoniak zur Folge hat, so wird dies ebensowenig beim Salmiak der Fall sein, da in allen drei Fällen die Ursache der vermehrten Eiweisszersetzung die gleiche ist, nämlich nach Voit die vermehrte Circulation der Ernährungsflüssigkeit, wodurch das Eiweiss öfter unter die Bedingungen des Zerfalles gebracht wird.

Anders gestaltet sich aber die Sache beim Chlor.

Dr. Forster hat schon vor längerer Zeit Versuche angestellt über den Einfluss vermehrter Wasseraufnahme auf die Ausscheidungen und mir aus einem derselben folgende Zahlen zur Veröffentlichung überlassen, wofür ich ihm bestens danke.

	Harnmenge	Harnstoff	Chlor	SO_3 im frischen Harn	SO_3 im verbrannten Harn
3.	260 ccm	17,16	—	—	—
4.	226	15,06	—	0,984	—
5.	198	12,83	—	—	1,263
6.	177	12,57	0,108	—	—
7.	171	12,14	0,175	—	—
8.	2010	22,91	0,992	0,803	1,563
9.	385	14,94	0,325	0,557	1,109
10.	343	18,59	0,206	0,807	1,602
11.	255	18,36	—	—	—

Der Versuch wurde am hungernden Hunde angestellt und nach Eintritt der gleichmässigen Stickstoffausscheidung dem Thiere am 8. Ver-

suchstage 3 l Wasser in Zeit von ½ Stunde in den Magen eingespritzt. Das Chlor wurde durch Veraschen des Harns mit Salpeter und nachherige Titrirung mit Silbernitrat bestimmt. Wie die Tabelle zeigt, trat mit der Harnstoffvermehrung eine beträchtliche Vermehrung der Chlorauscheidung ein. Dass durch diese vermehrte Wasserzufuhr die Eiweisszersetzung gesteigert wurde, geht aus den grösseren Harnstoffmengen hervor. Dessen ungeachtet ist die Ausscheidung an Schwefelsäure im frischen Harn nicht vermehrt; es äussert sich vielmehr der bedeutendere Eiweisszerfall nur durch eine Vermehrung des in unoxydirter Form ausgeschiedenen Schwefels.

Hiernach würde also ein vermehrter Eiweissumsatz bei vermehrter Harnmenge eine grössere Chlorausscheidung zur Folge haben. Doch ist es fraglich, ob dies auch dann eintritt, wenn dem Organismus ein Ueberschuss von Chlor zugeführt wird, wie bei der Fütterung mit Chloralkalien.

Ein theilweise anderes Resultat über die Ausscheidung des Ammoniaks im Verhältniss zu der des Harnstoffs erhielt ich dagegen bei einer Hungerreihe, die ich im Januar 1877 ausführte, um über die Grösse der Ammoniak- und Chlorausscheidung in den späteren Hungertagen Aufschluss zu erhalten.

Hungerversuch. Täglich 300 ccm Wasser.

Hund: 39 Kilo.

Nr.	Datum: Januar 1877	Harnmenge in ccm	Specifisches Gewicht	Harnstoff (nach Liebig)	Chlor (nach Mohr)	Chlor (n. Neubauer)	Ammoniak
2	3.	412	1023	14,8	—	—	0,516
3	4.	380	1023	13,9	0,590	0,261	0,486
4	5.	385	1024	14,4	0,467	0,312	0,534
5	6.	345	1028	14,2	0,586	0,419	0,496
6	7.	375	1026	15,1	0,562	0,395	0,491
7	8.	425	1024	17,5	0,636	0,413	0,590
8	9.	477	1025	18,3	0,598	0,444	0,686
9	10.	455	1026	18,3	0,497	0,405	0,572
10	11.	425	1028	17,7	0,413	0,327	0,530
11	12.	460	1027	19,0	0,410	0,279	0,737
12	13.	600	1026	22,7	0,631	0,510	1,440
13	14.	550	1026	21,9	0,556	0,412	1,064
14	15.	440	1030	20,7	0,410	0,303	0,768
15	16.	437	1030	20,4	0,354	0,301	0,992
16	17.	492	1031	22,5	0,379	0,289	1,209

Es zeigte sich nämlich, dass bei dieser Hungerreihe allerdings Ammoniak- und Harnstoffausscheidung in analoger Weise zunehmen, während die Chlorausscheidung ziemlich constant bleibt, eher in den späteren Tagen etwas absinkt.

Wie ein Blick auf vorstehende Tabelle lehrt, lässt sich der ganze Versuch in 3 Perioden eintheilen, von denen jede folgende durch eine Steigerung der durchschnittlichen Harnstoffmenge gegenüber der vorhergehenden charakterisirt ist. Es umfasst alsdann die erste Periode den 4.—6. Versuchstag, die zweite den 7.—12. und die dritte den 13.—16. Die Durchschnittszahlen für Harnstoff, Chlor und Ammoniak stellen sich in den 3 Perioden folgendermassen:

	Harnstoff	Chlor	Ammoniak
I.	14,6	0,375	0,507
II.	18,2	0,374	0,623
III.	21,6	0,363	1,095

Es ist demnach die procentige Vermehrung des Ammoniaks sogar grösser als die des Harnstoffs.

Wenn also bei längerem Hunger allmählich die bekannte Steigerung der Eiweisszersetzung aus den Organen des Körpers eintritt, dann wird auch mehr Ammoniak ausgeschieden, nicht aber bei grösserem Eiweissverbrauch aus anderen Ursachen, wie z. B. durch reichliche Wasser- oder Kochsalzzufuhr.

Das allmähliche Ansteigen der Harnstoffausscheidung beim Hunger wird gewöhnlich erst spät, nachdem vorher während längerer Zeit täglich nahezu die gleiche Harnstoffmenge secernirt wurde, meist kurz vor dem Tode des Thieres nach dem Schwinden des Fettes, beobachtet. Meine früheren Salmiakversuche wurden nie so lange fortgesetzt und stets nur die Zeit der gleichen Stickstoffausscheidung dazu benützt; nur einmal (im 3. Versuche) trat, wie schon erwähnt, am Schlusse des Versuches eine Harnstoffsteigerung auf, aber ohne Vermehrung der Ammoniakausscheidung. Es kann sonach keinem Zweifel unterliegen, dass auf meine Salmiakversuche nicht die Resultate der eben angeführten Hungerreihe Anwendung finden dürfen, sondern die früher betrachteten Verhältnisse, wie sie sich aus den Versuchen mit vermehrter Wasseraufnahme und bei Chlornatriumfütterung ergeben.

Betrachte ich nunmehr die Aenderung der Eiweisszersetzung, welche der Salmiak in dem neuen Versuche hervorgerufen hat, so ist zu bemerken, dass man davon durch die nach der Liebig-schen Titrirmethode gewonnenen Zahlen nicht so ohne weiteres ein richtiges Bild bekommt. Man ist jedoch im Stande, ein solches zu erhalten, wenn man von der täglichen Harnstoffmenge ebensoviel in Abzug bringt, als das täglich ausgeschiedene Ammoniak Quecksilber zu binden vermag. Zur Berechnung dieses Abzuges benütze ich die früher ermittelte Thatsache, dass 10 mg NH_3 = 2,6 ccm einer Lösung von salpetersaurem Quecksilber in Anspruch nehmen, deren Titer so gestellt ist, dass 1 ccm derselben 10 mg $\overset{+}{U}$ entspricht. Ich muss also für 10 mg NH_3 im Harn 26 mg $\overset{+}{U}$ abziehen. Für diese Rechnung muss selbstverständlich das normal ausgeschiedene Ammoniak unberücksichtigt bleiben, und darf nur mit der Mehrausscheidung desselben gerechnet werden. So erhalten wir folgende Zahlen.

Versuchstag	Harnstoff nach Liebig	Mehrausscheidung an Ammoniak	Harnstoff corrigirt	Mehrausscheidung an Harnstoff gegenüber den Normaltagen	Die Mehrausscheidung auf % der Normalausscheidung berechnet
6.	45,9	0,966	43,4	6,3	17,0
7.	48,3	1,106	45,4	8,3	22,4
8.	48,3	1,554	44,3	7,2	19,4
9.	51,5	1,416	47,7	10,6	28,6
10.	51,0	1,191	47,9	10,8	29,1
11.	54,4	1,215	51,3	14,2	28,3
12.	49,2	1,229	46,1	9,0	24,3
13.	43,9	0,772	41,9	4,8	12,9
14.	41,4	0,486	40,1	3,0	8,1
15.	43,9	0,391	42,8	5,7	15,4
16.	47,4	0,379	46,4	9,3	25,1

Nach der letzten Columne berechnet sich während der ganzen Salmiakreihe eine mittlere Erhöhung der Harnstoffausscheidung von 21 %. Das Thier, das sich vorher mit dem Stickstoff des verzehrten Fleisches im Stickstoffgleichgewichte befunden hatte, gab unter dem Einflusse des Salmiaks beträchtliche Mengen Eiweiss von seinem

Körper her. Vom 6. bis 15. Versuchstage erhielt es 5000 g Fleisch und producirte während dieser Zeit 493 g Harnstoff, sonach um 128 g mehr, als dem zugeführten Fleische entspricht. Es hat also der Körper in 10 Tagen 384 g Eiweiss = 1750 g Fleisch verloren.

Ebenso trat in Folge der Salmiakzufuhr eine ganz bedeutende Vermehrung der Wasserausscheidung ein. Die mittlere Harnmenge, die an den Normaltagen 652 ccm betrug, stieg unter dem Einflusse des Salmiaks auf 873 ccm und wurde durch die am Schlusse des Versuches gereichte Chlornatriumdosis auf 1343 ccm erhöht. Wäre nicht die Wasserzufuhr namentlich in der ersten Zeit eine beschränkte gewesen, so würden wohl noch grössere Harnmengen zu Tage getreten sein.

Auch noch in anderer weniger angenehmen Weise zeigte sich die eingreifende Wirkung des Salmiaks auf den Organismus. Am 4. Tage der Salmiakfütterung schon trat eine weiche Kothentleerung auf, und nun folgten im weiteren täglich schwach diarrhoische Entleerungen, denen stets etwas Blut beigemischt war. Merkwürdigerweise sistirten dieselben plötzlich, als am 16. Versuchstage Chlornatrium gegeben wurde, wornach 48 Stunden später ein normaler, geformter Koth erschien, an dem nur noch äusserlich etwas Blut haftete.

Auch direct konnte ich mich überzeugen, wie sehr der Salmiak den Verdauungscanal und den ganzen Körper des Hundes angreift. Ich nahm nämlich das Thier, nachdem es sich 5 Tage im Freien aufgehalten hatte, wieder in Untersuchung und gab ihm vom 23. April an wieder täglich 500 g Fleisch und 120 g Speck und ausserdem 300 ccm Wasser. Allein der Hund fing an mit grossen Harnmengen Tag für Tag steigende Harnstoffmengen zu entleeren und bekam Beschwerden beim Harnlassen. Bald bemerkte man an dem sonst lebhaften, kräftigen Thiere Abmagerung und Zittern; es hatte jedoch dabei kein Fieber und stets guten Appetit. Da sich nach 5 Tagen der Zustand verschlimmerte, wurde es wieder in das Freie gebracht. Kaum war dies ein paar Stunden geschehen, als der Hund plötzlich seine Kette zerriss, nach einigem Umherlaufen zu Boden stürzte und unter Bewusstlosigkeit und heftigen Krämpfen zu Grunde ging.

Folgende kleine Tabelle enthält die während dieser Tage gefundenen Zahlen; die Chlorausscheidung zeigt dabei trotz steigender Eiweisszersetzung keine Vermehrung, und auch die am letzten Versuchstage gefundenen Ammoniakmengen sind nur wenig grösser, als die bei einer Eiweisszersetzung von 500g Fleisch an demselben Thiere gefundenen Werthe.

Nr.	Datum 1877	Harnmengen in ccm	Specifisches Gewicht	Reaction	Chlor nach Mohr	Chlor nach Neubauer	Harnstoff (Liebig)	Ammoniak
1.	23. April	1195	1022	Schwach sauer	2,811	2,677	42,6	—
2.	24. „	985	1025	Sauer	1,269	1,103	43,9	—
3.	25. „	953	1025	Sauer	0,694	0,560	44,2	—
4.	26. „	1160	1023	Sauer	0,581	0,422	47,7	—
5.	27. „	1250	1021	Sauer	0,490	0,490	49,0	0,754

Die Section ergab keine pathologische Veränderung, welche den Tod des Thieres hätte veranlassen können. Dagegen zeigte der Darm noch die Spuren der früheren Salmiakfütterung. Im ganzen Dünndarm fanden sich nämlich zahlreiche Ecchymosen von der verschiedensten Grösse, die namentlich gegen das untere Ende hin zunahmen, während sie im Dickdarm wieder allmählich verschwanden. Verschiedene Vermuthungen über die Todesursache ergaben sich bei näherer Betrachtung als unrichtig, namentlich erwies sich auch der Wasser- und Aschegehalt der Muskeln völlig normal.

Vergleiche ich nun die Resultate dieses 4. Salmiakversuches mit meinen früheren, so stimmen sie in allem Wesentlichen vollständig überein.

Der Organismus des Hundes vermag Ammoniak, das ihm in der Form von Salmiak geboten wird, im Körper aufzuspeichern und längere Zeit darin zurückzuhalten und nur langsam wieder zur Ausscheidung zu bringen; er ist aber keineswegs im Stande, dasselbe in Harnstoff umzuwandeln.

Für den Hund steht dieses Ergebniss fest, und auch Salkowski scheint die Synthese des Harnstoffes aus dem Ammoniak des

Salmiaks, entgegen seiner ursprünglichen Angabe, bei diesem Thiere zweifelhaft zu sein. Dagegen glaubt er[1]) für Kaninchen den Uebergang des Ammoniaks des Salmiaks in Harnstoff, soweit als dies überhaupt möglich ist, bewiesen zu haben. Kleine Thiere und namentlich Pflanzenfresser bringen aber für Versuche, wie sie hier vorliegen, ganz besondere Schwierigkeiten mit sich. Die kleinen Thiere ertragen nur geringe Dosen von Salmiak. Die Futteraufnahme ist ferner bei den Kaninchen eine sehr verschiedene. Es ist ausserdem schwierig, ja unmöglich, selbst bei den von Salkowski angewendeten Cautelen, allen Harn zu erhalten und ihn für jeden Tag abzutrennen; bei der geringen Harnmenge bringen aber auch kleine Verluste grosse Fehler mit sich. Ein weiterer Nachtheil ist der, dass bei Kaninchen, als Pflanzenfressern, das Futter sehr lange in dem verhältnissmässig grossen Darme verbleibt, sodann eine beträchtliche Kothmasse restirt und eine Abgrenzung des zu einer Versuchsreihe gehörigen Kothes nicht geschehen kann. Salkowski hat daher auch den Koth ganz unberücksichtigt lassen müssen. Er ist zwar der Meinung, dass dies glücklicherweise nicht nöthig wäre, wie aus seinen Versuchen hervorgehe, da die Substanzen so diffusibel seien, dass sie beim Ausbleiben von Diarrhöen fast vollständig in den Harn übergehen; ich habe aber Beweise dafür in seinen Versuchen nicht gefunden. Nach meinen Erfahrungen ist es vielmehr dringend nothwendig, in allen Fällen den Koth zu untersuchen, da derselbe selbst beim Fleischfresser nach Aufnahme von Salmiak noch Chlor und Ammoniak von diesem enthält, während normal sich darin nur sehr wenig in Wasser lösliche Aschebestandtheile befinden. Beim Pflanzenfresser ist die Resorption aus der grossen Futtermasse im Darm eine länger anwährende, und im Kothe desselben sind stets leicht diffusible, in Wasser lösliche Aschebestandtheile in beträchtlicher Quantität vorhanden. Es ist also recht wohl möglich, dass beim Kaninchen der Salmiak nur ganz allmählich resorbirt und theilweise mit dem Kothe wieder entfernt wird. Ich kann aus diesen Gründen Salkowski nicht beistimmen, wenn er sagt, es scheine, dass für derartige Versuche der Hund

1) Zeitschrift für physiol. Chemie Bd. I Heft 1 S. 1.

weniger geeignet ist als das Kaninchen; bei dem kleinen Pflanzenfresser lassen sich vielmehr die Ausscheidungsverhältnisse des Salmiaks wegen der Ungleichheit in der täglichen Zufuhr des Futters, der nicht vollständigen Aufsammlung und täglichen Abgrenzung des Harnes, der Unmöglichkeit der Kothabtrennung, der Vertheilung des Salmiaks in der grossen Futtermasse und der langsamen Resorption aus derselben noch ungleich schwieriger feststellen als beim fleischfressenden Hunde. Diesem vermag man täglich das gleiche Futter zuzuführen und ihn damit auf dem Stickstoffgleichgewichte zu erhalten, man kann den Harn genau für jeden Tag auffangen und den auf eine bestimmte Versuchsreihe treffenden Koth abgrenzen, Alles Cautelen, welche Prof. Voit, bei Begründung der Methoden für solche Untersuchungen, als unumgänglich nöthig bezeichnet hat.

Ein sicherer Entscheid lässt sich nur treffen, wenn man den Salmiak längere Zeit giebt und die Ammoniakbestimmung, zu gleicher Zeit mit der des Chlors, genügend lang fortsetzt.

Wenn beim Pflanzenfresser der Salmiak nur allmählich aus dem Darme resorbirt und aus dem Körper nur langsam und in kleinen Mengen entfernt wird, dann ist es leicht möglich, seine Ausscheidung im Harn zu übersehen. Der Ammoniakgehalt der Normaltage zwischen den Salmiaktagen enthält dann noch Ammoniak des Salmiaks, so dass die Normalausscheidung des Ammoniaks zu hoch angenommen wird.

Salkowski hat in seinen Versuchen das Hauptgewicht nicht auf die Ammoniak- und Chlorausscheidung gelegt, ja er hat die beiden Stoffe theilweise gar nicht bestimmt. Es hätte auch eine genaue Berücksichtigung, wenigstens des Chlors, nur wenig genützt, da das Thier in den Salmiakperioden nur selten die vorgesetzte Tagesportion der Kartoffeln verzehrte und also wegen dieser Unregelmässigkeit in der Nahrungsaufnahme gut übereinstimmende Zahlen in der Chlorausscheidung, wie Salkowski selbst sagt, nicht zu erwarten waren. Bei den Versuchen 1 und 3, bei welchen die Chlorbestimmungen angegeben sind, zeigt sich ein erhebliches Deficit an Chlor, was er zum Theil durch das frühe Abbrechen des Versuches erklärt, wodurch aber auch ein Deficit an Ammoniak entstehen muss. Im 3. Versuch tritt durch die Salmiakeinspritzung

Durchfall auf, der vielleicht auch Ammoniak entführt hat. Bei einem neuen Versuche[1]) mit essigsaurem Ammoniak und Acetamid ist nach Salkowski's Berechnung kaum die Hälfte der Ammoniakverbindungen resorbirt worden.

Vor allem glaubt aber Salkowski den Uebergang von Ammoniak in Harnstoff aus dem Verhältniss des Schwefels und Stickstoffs im Harn beweisen zu können. Findet sich nämlich bei einer bestimmten Fütterungsweise ein constantes Verhältniss von Schwefel und Stickstoff des Harnstoffs und ändert es sich entsprechend bei Zufuhr von Ammoniaksalzen und geht dann wieder auf den früheren Werth zurück, dann ist die Harnstoffbildung aus dem Ammoniak dargethan.

Dies gilt jedoch nur dann, wenn sich die Futteraufnahme im Darmcanal nicht ändert und der Körperzustand der gleiche bleibt, was aber bei Salkowski's Versuchen nicht der Fall ist.

In den Kartoffeln[2]) findet sich ein Verhältniss von Schwefel zu Stickstoff wie 1 : 9, im Muskelfleische[3]) wie 1 : 16. Bei Kartoffelfütterung wird sich demnach, wenn der Körper dadurch auf seinem stofflichen Stande erhalten wird, das Verhältniss vom Schwefel zum Stickstoff im Harn und Koth wie 1 : 9, bei Fleischfütterung oder beim Hunger wie 1 : 16 stellen. Im Harn allein ist das Verhältniss etwas anders, je nach der Vertheilung des Schwefels und Stickstoffs auf den Harn und Koth. Bei Fleischfütterung fanden Bischoff und Voit im Hundeharn ein Verhältniss von 1 : 17.

Man weiss nun nicht, ob die Kaninchen von Salkowski in den Normalreihen mit den gefütterten Kartoffeln im Stickstoffgleichgewichte sich befanden, oder ob sie noch Stickstoff von ihrem

1) Zeitschrift für physiol. Chemie 1878 Bd. I Heft 6 S. 376.

2) 100g frische Kartoffeln enthalten im Mittel nach Lehmann (Zeitschr. des landwirthschaftl. Vereins in Bayern 1873):

Albuminate 2,18 mit 0,34 N
und SO_3 0,111 mit 0,044 S.

Nach im hiesigen physiol. Institute ausgeführten Analysen enthalten 100g frische Kartoffeln im Mittel:

Albuminate 2,5 mit 0,39 N (Rubner)
und SO_3 0,0999 mit 0,04 S (Feder).

3) 100g frisches Fleisch geben nach Voit 3,4 N und 0,54 SO_3 = 0,22% S.

Körper abgaben. Jedenfalls findet während der Salmiakzufuhr eine Steigerung der Zersetzung des Eiweisses statt, das vom Körper des Thieres genommen wird. Ausserdem werden an diesen Tagen meist viel weniger Kartoffeln verzehrt, also weniger Stickstoff und Schwefel von den Kartoffeln aus dem Darme resorbirt. Die Folge ist, dass an den Salmiaktagen das Thier sich wie ein theilweise hungerndes verhält und eine hier unbekannte Menge von Eiweiss oder Stickstoff verliert; man darf daher auch nicht den Stickstoffgehalt der Normalperiode irgend einer Berechnung während der Salmiakreihe zu Grunde legen. Aus diesen Ursachen muss sich das Verhältniss von Schwefel zum Stickstoff nothwendigerweise in dem Sinne ändern, wie es bei Fleischzersetzung der Fall ist, d. h. das des Stickstoffs verhältnissmässig zunehmen, und es kann daraus nicht der Schluss gezogen werden, dass das Ammoniak in Harnstoff übergegangen ist. Dies ist, wie gesagt, nur dann möglich, wenn ohne und mit Salmiak im Körper das gleiche Material zersetzt wird. Man ersieht aus diesem Beispiele wieder, wie wichtig es bei solchen vergleichenden Untersuchungen ist, zu wissen, wie viel in einer gewissen Zeit aus dem Darme aufgenommen wird, ob der Körper sich damit erhält und ob alle sonstigen den Zerfall im Körper beeinflussenden Bedingungen unverändert geblieben sind. Bei einem physiologischen Versuche ist es eben vor allem nöthig, die Anordnungen so zu treffen, dass die chemischen Analysen eine Antwort auf die gestellte Frage geben können.

Die Beobachtung, dass der Harn der Kaninchen während der Salmiakzufuhr und auch noch in den darauf folgenden Tagen, welche Salkowski theilweise schon als Normaltage betrachtet, sauer reagirte, zeigt deutlich, dass der Einfluss des Salmiaks sich längere Zeit fortsetzt; die saure Reaction rührt wohl zum Theil von dem Hungerzustande des Thieres her.

Neuerdings hat Schmiedeberg[1]) eine Mittheilung über die Frage der Harnstoffbildung aus Ammoniak gemacht.

Schmiedeberg giebt zu, dass bei meinem Hunde der Salmiak als solcher im Harn ausgeschieden wurde. Dagegen meint er, dass die pflanzensauren Ammoniaksalze und das kohlensaure Ammoniak in Harnstoff verwandelt werden. Es ist ein eigenthümliches Ge-

1) Archiv f. exp. Pathol. und Pharmakologie Bd. VIII Heft 1 S. 1.

schick, dass, nachdem früher von zwei Seiten der Uebergang des Ammoniaks des Salmiaks in Harnstoff beim Hunde aus den Versuchsergebnissen bestimmtest erschlossen worden war, jetzt, wo diese neue Synthese durch die mühsamsten Versuche am Hunde widerlegt ist, angegeben wird, eines Theils, dass dieselbe zwar nicht beim Hunde, wohl aber beim Kaninchen stattfinde, und anderen Theils, dass sie nicht durch den Salmiak, sondern durch andere Ammoniaksalze eintrete. Schmiedeberg wird zu seinem Ausspruch durch die Beobachtung geführt, dass der saure Harn der Carnivoren selbst bei sehr reichlicher Zufuhr von essigsaurem und kohlensaurem Ammoniak keine alkalische Reaction annimmt, was bei den Carbonaten und Acetaten der fixen Alkalien leicht statthat. Schmiedeberg hielt diese Thatsache mit einem unveränderten Uebergang des Ammoniaks in den Harn nicht vereinbar, und die von Hallervorden angestellten, noch nicht veröffentlichten Versuche sollen diese Voraussetzung bestätigt haben. Da Schmiedeberg ferner den Uebergang von Ammoniak in Harnstoff bei Kaninchen durch Salkowski für erwiesen hält, sucht er das verschiedene Verhalten von Hunden und Kaninchen in dieser Richtung zu erklären. Nach Walter[1]) tritt bei Hunden nach Salzsäurezufuhr eine vermehrte Ausscheidung von Ammoniak auf, während bei Kaninchen durch Zufuhr freier verdünnter Salzsäure eine tödtliche Alkalientziehung ohne Nebenwirkung möglich sei. Und so glaubt Schmiedeberg, dass bei Hunden die Salzsäure zu ihrer Ausscheidung des Ammoniaks bedarf und bei Zufuhr von $Cl\,H$ und NH_3, in Form von $Cl\,NH_4$, mit der Säure auch das Ammoniak ausgeschieden wird, während bei Kaninchen die als Salmiak einverleibte Salzsäure zu ihrer Ausscheidung das Ammoniak nicht nöthig hat, und dieses also in Harnstoff übergehen kann.

Hiergegen möchte ich schon jetzt erinnern, dass der vollgiltige Beweis einer Bildung von Harnstoff aus Ammoniak bei Kaninchen noch keineswegs erbracht ist; ferner, dass der gefütterte Salmiak bei Hunden durchaus nicht als solcher in den Harn übertritt, wie Schmiedeberg's Theorie voraussetzt, sondern im Körper zerlegt

1) Archiv f. exp. Pathol. und Pharmakologie 1877 Bd. VII S. 148.

wird, wie aus meinen Versuchen hervorgeht. Es ist sonach kein Grund einzusehen, warum der Salmiak sich anders verhalten solle als die pflanzensauren Ammoniaksalze und namentlich das kohlensaure Ammoniak, das wohl grösstentheils im Magen schon in Salmiak übergeführt wird.

Es lässt sich auch eine Erklärung finden, warum der Harn nach Genuss der pflanzensauren Ammoniaksalze nicht alkalisch wird.

Von den pflanzensauren Salzen der fixen Alkalien ist eine ziemlich beträchtliche Zufuhr nöthig, um den Harn alkalisch zu machen, d. h. es müssen grössere Mengen auf einmal in den Harn übertreten, um dessen Reaction zu verändern. So waren z. B. in einem Versuche von Prof. Voit 4g essigsaures Natron [1]) nothwendig, bis der Harn alkalisch wurde. Nun werden die pflanzensauren Ammoniaksalze, wie schon Lohrer [2]) angiebt, noch langsamer ausgeschieden wie die anorganischen Verbindungen des Ammoniaks, und es ist daher leicht denkbar, dass die geringe in den Harn übertretende Ammoniakmenge genügend Säure zur Bindung, auch ohne Alteration der Reaction des Harnes, findet.

Ich weise hierzu nochmals auf die Angaben Lohrer's über das citronensaure Ammoniak hin, mit welchem er zwei Versuche anstellte. Berechnet man dieselben in der Weise, dass man von der gefundenen Ammoniakmenge die mittlere gewöhnlich im Harn gefundene Quantität von Ammoniak in Abzug bringt, so ergeben sich folgende Zahlen:

Nr.	Datum	Ammoniak gefüttert	Ueberschuss an Ammoniak im Harn		Differenz
1	28. März	1,4934	0,5502	1,2410	— 0,2524
	29. „	—	0,3890		
	30. „	—	0,3018		
2	31. „	2,9868	0,8468	2,0972	— 0,8896
	1. April	—	0,5330		
	2. „	—	0,3652		
	3. „	—	0,2088		
	4. „	—	0,1434		

1) Zeitschrift für Biologie Bd. IV S. 115.

2) J. Lohrer, über den Uebergang der Ammoniaksalze in den Harn. Dorpat 1862.

Das Deficit ist sonach sicherlich nicht gross, namentlich nicht im ersten Versuche, und es ist sehr wohl möglich, dass der Rest bei Abschluss des Versuches noch im Körper steckte oder mit dem Kothe ausgeschieden wurde, den Lohrer nicht untersuchte. Lohrer bemerkt ferner ausdrücklich, dass die Reaction des Harnes sauer geblieben war, und schliesst aus seinen Resultaten nur, dass die pflanzensauren Ammoniaksalze sehr allmählich durch den Harn ausgeschieden werden, ganz ähnlich wie er auch richtig vom Salmiak sagt, dass er sich an das Kochsalz anreihe, welches im Körper vertheilt und erst nach und nach entfernt werde. Ohne weiteres ist sonach ein differentes Verhalten der pflanzensauren Ammoniaksalze keineswegs wahrscheinlich, und würden daher dasselbe nachweisende Versuche das höchste Interesse verdienen.

Um die Analogien, die zwischen dem Verhalten des Salmiaks und des Kochsalzes bestehen, recht klar hervorzuheben, habe ich noch zwei Versuche mit Kochsalzfütterung angestellt.

Der eine derselben wurde am hungernden Thiere in der Art ausgeführt, dass dem 45^{kg} schweren Hunde in der Zeit der gleichen Stickstoffausscheidung an einem Tage 15^{g} Kochsalz mit 9,1^{g} Chlor und 5,9^{g} Natrium gereicht wurden.

Beifolgende Tabelle enthält die Resultate.

Nr.	Datum 1877	ccm Wasser aufgenommen	Cl Na	Harn			Harnstoff (Liebig)	Chlor		Phosphorsäure	Ammoniak nach Heintz
				Menge	Spec. Gewicht	Reaction		nach Mohr	n. Neubauer		
1	26. Juli	500	—	392	1052	Sauer	37,3	—	—	—	—
2	27. „	500	—	345	1042	Stark sauer	31,6	—	—	—	—
3	28. „	330	—	325	1036	„	24,9	0,375	—	—	—
4	29. „	500	—	243	1052	„	24,7	0,338	0,088	2,138	0,679
5	30. „	500	15,0	572	1037	Sauer	27,4	5,763	5,312	2,421	0,421
6	31. „	500	—	183	1057	Stark sauer	19,4	1,055	0,722	1,086	—
7	1. August	500	—	234	1053	„	24,4	1,065	0,795	1,372	—
8	2. „	500	—	305	1043	Sauer	25,0	1,407	1,074	1,430	—
9	3. „	400	—	575	1023	„	25,1	1,431	1,117	1,265	—

Es stellte sich heraus, dass beim Hungern auch das Chlornatrium beträchtliche Zeit im Körper zurückgehalten wird, bis es durch den Harn zur Ausscheidung kömmt; denn selbst 4 Tage nach der Chlornatriumfütterung war noch nicht alles Salz in den Harn übergetreten, wie folgende Zusammenstellung ergiebt:

	Mehr ClNa als normal im Harn	% der Zufuhr
5.	8,61	57,40
6.	1,04	6,93
7.	1,16	7,73
8.	1,62	10,80
9.	1,69	11,27
Summe	14,12	94,13

Ganz ähnlich gestaltet sich die Sache, wenn man den Versuch nicht am hungernden Thiere, sondern im Stickstoffgleichgewichte mit Fleisch und Speck anstellt.

Nr.	Datum: Juli 1877	Nahrung			Cl Na	Harnmenge	Spec. Gewicht	Reaction	Harnstoff (Liebig)	Chlor		Ammoniak nach Heintz
		Fleisch	Speck	Wasser						nach Mohr	n. Neubauer	
1	17.	1100	300	500	—	728	1055	Stark sauer	77,8	—	—	—
2	18.	1100	300	500	—	728	1052	"	76,2	—	—	—
3	19.	1100	300	500	—	695	1056	Sauer	76,6	—	—	—
4	20.	1100	300	500	—	740	1053	"	83,7	0,629	0,247	—
5	21.	1100	300	500	—	890	1045	"	83,2	0,594	0,324	1,8690
6	22.	1100	300	500	15,0	1022	1050	"	86,2	7,692	7,009	1,6477
7	23.	1100	300	500	—	720	1053	Stark sauer	79,3	3,103	2,404	—
8	24.	1100	300	500	—	538	1065	"	66,8	0,816	0,522	—

Wie vorstehende Tabelle lehrt, wird das Chlor hierbei zwar schneller ausgeschieden als beim Hunger, aber immerhin dauert es 3 bis 4 Tage, bis alles gefütterte ClNa wieder im Harn erscheint.

Nachstehende Zahlen mögen die Ausscheidung des Kochsalzes an den einzelnen Tagen veranschaulichen.

	Mehr Cl Na als normal im Harn	% der Zufuhr
6.	11,08	73,87
7.	3,49	23,27
8.	0,39	2,60
Summe	14,96	99,74

Wir haben sonach bei dem Kochsalz ganz die gleichen Verhältnisse wie beim Salmiak. Auch dieser wird im hungernden Organismus länger zurückgehalten als in dem mit Nahrung wohlversehenen Thiere. Möglicherweise wird das Cl Na ebenfalls im Körper zerlegt und das Natron, ebenso wie das Ammoniak des Salmiaks, noch langsamer ausgeschieden als das Chlor, entsprechend dem Nachweis von Bunge, nach welchem bei Zufuhr von phosphorsaurem Kali mehr Chlor und Natron im Harn auftritt, während das Kali nur allmählich entfernt wird.

Die chemischen Veränderungen des Isarwassers während seines Laufes durch München.

Von **Dr. Franz Brunner** und **Dr. Rudolf Emmerich.**

(Referent Dr. R. Emmerich.)

(Mit Tafel I).

Die medicinische Facultät der Ludwigs-Maxmilians-Universität in München hat für das Jahr 1875 folgende Preisaufgabe gestellt. deren Beantwortung als Beitrag zu den Vorarbeiten für die Canalisation der Hauptstadt von wissenschaftlichem und zugleich praktischem Interesse ist:

> „Wie weit ändert das Wasser der Isar in seinem Verlaufe durch München seinen Gehalt an festen Bestandtheilen (Rückstandmenge); wie viel ist am Rückstande wieder im kohlensäurefreien destillirten Wasser löslich; wie viel beträgt der Gehalt an Kalk, an Kohlensäure, an Chlor, an Salpetersäure und organischen Substanzen? Diese Untersuchungen sind namentlich vom Wasser der Münchener Stadtbäche bei ihrem Ein- und Austritt aus der Stadt und zu verschiedenen Zeiten nach länger andauernder Trockenheit und nach reichlichen atmosphärischen Niederschlägen vorzunehmen."

Wir haben diese Arbeit in der Weise in Angriff genommen, dass der Eine von uns das Wasser der inneren Stadtbäche (Dr. Brunner), der Andere jenes der äusseren Stadtbäche und das Flusswasser oberhalb und unterhalb der Stadt (Dr. Emmerich) chemisch untersuchte.

An dieser Stelle sei es uns gestattet, unserem hochverehrten Lehrer Herrn Geheimrath Prof. Dr. M. v. Pettenkofer, in dessen hygienischen Laboratorium die Analysen ausgeführt wurden, und dem Herrn Privatdocenten Dr. Gustav Wolffhügel, sowie auch

Herrn Baurath A. Zenetti unseren innigsten Dank auszusprechen für die grosse Bereitwilligkeit, mit welcher sie uns in vielfacher Hinsicht unterstützten.

I. Die Stadtbäche, Siele und Canäle.

München ist von 49 Bächen durchzogen, welche die Hauptwassermasse der Isar durch die Stadt führen und die theils durch natürliche Ereignisse entstanden sind, theils aber auch als künstlich angelegte Canäle von der Isar abzweigen.

Der Fluss selber hat sich im Laufe der Zeit, die bayerische Hochebene in Süd-Nordrichtung von den Alpen her durchströmend, ein immer tieferes Bett gegraben, das besonders auf der Strecke von den Voralpen bis München, durch steiles Abfallen der Ufer in die Tiefe, scharf markirt ist, während die Ebene nach beiden Seiten hin in geringer Neigung gegen die Uferränder sich ausdehnt. Die reissende Strömung des häufig hochgehenden Gebirgsflusses konnte nicht immer in den Schranken eines und desselben Bettes festgehalten werden, weil durch mitgeführte Geröllmassen vom Gebirge her und durch Absturz der unterwühlten Ufer das Rinnsal verlegt wurde und der Fluss sich in dem lose zusammenhängenden Gerölle der Hochebene nach der Seite hin wieder neue Bahnen grub; daher hat die Isar ein in der Breite so sehr wechselndes Bett. Einige Stunden oberhalb München ist das Flussbett durch nahes Aneinandertreten der hohen, steil abfallenden, dort aus Nagelfluhe bestehenden Uferränder eingeengt; gegen die Stadt zu rücken diese an Höhe abnehmend und aus lockerem Gerölle zusammengesetzt immer weiter von einander, zwischen sich ein Thal bildend, an dessen einem Rande an der tiefsten Stelle die Isar jetzt ihr Rinnsal hat und dessen übrige Ausdehnung zum grössten Theil von der Stadt occupirt wird. Der Flusslauf wurde nach und nach vom einstigen linksseitigen Ufer her — Thalkirchner-Sendlinger Höhe — nach rechts — Giesinger-Auer-Haidhauser Höhe — verlegt und das Bett immer tiefer gegraben. So wurden drei Terrassen gebildet, die vom linksseitigen Höhenrand gegen den tiefliegenden Fluss hin abfallen und auf welchen die eigentliche Stadt sich ausdehnt. Bei der durch die Gewalt der Strömung und Ablagerung von Alpenkalkgerölle

veranlassten Seitwärtsverlegung der Isar waren an Stelle ihres früheren Verlaufes Bäche zurückgeblieben, an deren Ufer bei der Ausdehnung der Stadt Gebäude entstanden, wodurch ihrem Laufe eine bleibendc Richtung angewiesen wurde.

So mag es gekommen sein, dass die über dem Niveau der Isar liegende Stadt noch von Bächen durchzogen wird, während der Hauptfluss sich immer tiefer ostwärts in den Boden wühlte.

Aus den auf diese Weise entstandenen Stadtbächen, die bis an den Rand der zweiten Terrasse reichen, hatten die Bewohner der Stadt Abzweigungen in die höher gelegene zweite Terrasse hineingeführt, indem sie zum Zweck der Befestigung tiefe Gräben um die Stadt anlegten, die ihr Wasser aus der Isar erhielten.

In der Nähe des Pettenkofer-Brunnenhauses, etwa 2 Kilometer oberhalb München, zweigen sich von der Isar zwei Bäche ab, der grosse Stadtbach und der Dreimühlenbach, welche am östlichen Rande des Isarthales hinziehend die Gesammtwassermasse für die einzelnen Stadtbäche, die man in äussere und innere eingetheilt hat, enthalten. An genannter Stelle ist nämlich quer durch das Flussbett ein Wehr (die sogenannten Ueberfälle) gezogen, das bei niederem Pegelstande den grössten Theil der Wassermenge in den linksabzweigenden grossen Stadtbach und Dreimühlenbach treibt. Geht die Isar hoch, so stürzt die Hauptmasse des Hochwassers über das Wehr hinab und strömt in dem tiefer gelegenen Flussbette ab. Die Wasserquantität, welche durch den Stadtbach der Stadt zugeführt wird, schwankt in Folge dieser Einrichtung nur in geringen Grenzen.

Der Dreimühlenbach verbindet sich nach vielfach gekrümmtem nordöstlichen Laufe wieder mit dem grossen Stadtbache, welcher sich dann sofort in zwei Arme theilt, von denen der westliche die inneren, der östliche die äusseren Stadtbäche bildet.

Die inneren Bäche, welche ausschliesslich die Altstadt durchspülen, erzeugen innerhalb derselben ein vielverzweigtes Netz, sind zum Theil überwölbt und vereinigen sich an der Nordgrenze der Stadt zum Eisbach, welcher sich unterhalb der Maschinenfabrik Hirschau in die Isar ergiesst.

Die äusseren Bäche durchziehen den südlichen und östlichen Theil der Stadt und bilden mit ihrer im englischen Garten wiederum vereinigten Wassermasse den Schwabingerbach, welcher bei Fröttmanning in die Isar mündet.

Auf der rechten Seite kommt der Auermühlbach in Betracht, welcher oberhalb Harlaching von der Isar abzweigt, in nordöstlicher Richtung die Vorstädte Giesing, Au und Haidhausen durchfliesst und unterhalb der Kohleninsel wieder in die Isar einmündet.

Die inneren und äusseren Stadtbäche, welche der Untersuchung unterzogen wurden, sind namentlich aufgeführt. Die Bestimmung der Wassermenge, Stromgeschwindigkeit und Gefällsverhältnisse derselben wurde im Jahre 1852 im Auftrage des Münchener Magistrats durch Herrn Kremer vorgenommen. Die Wassermenge haben wir in Secunden-Cubikmeter, die Stromgeschwindigkeit und Länge der Stadtbäche in Metern angegeben.

Die äusseren Bäche haben eine Länge von 18303, die inneren Bäche von 17976^{m}. Die äusseren Bäche erhalten 15,56$^{\text{Sec.-cbm}}$ Wasser aus dem grossen Stadtbache, die inneren Bäche 9,098$^{\text{Sec.-cbm}}$.

Die mittlere Breite für die äusseren Bäche ist: 7,631^{m}
„ „ „ für die inneren Bäche: 4,477^{m}.
Die mittlere Tiefe beträgt für die äusseren: 0,989^{m}
„ „ „ „ für die inneren: 0,989^{m}.

Die mittlere Geschwindigkeit wurde für die äusseren Bäche zu 0,881^{m} pro Secunde gemessen und zu 1,016^{m} berechnet; für die inneren Bäche ergab die Messung 0,995 und die Berechnung 1,08^{m}.

Im Durchschnitt trifft an Wassermenge für die äusseren Bäche, wobei überhaupt nur jene berücksichtigt wurden, an denen sich auch Wasserwerke befinden, 7,035$^{\text{Sec.-cbm}}$, für die inneren 5,618$^{\text{Sec.-cbm}}$.

Für die einzelnen Bäche ergaben sich folgende Grössen:

Aeussere Bäche

Name des Baches	Wassermenge Sec.-cbm	Geschwindigkeit pro Sec. in m	Länge in m
Grosser Stadtbach	69,235	1,402	2262,21
Dreimühlenbach	9,571	0,787	2429,15
Westermühlbach	15,810	0,957	1200,13
Lazarethbach	12,927	1,151	464,05
Pesenbach	15,537	—	1109,07
Heiliggeistmühlbach	7,706	0,992	851,06
Kaiblmühlbach	7,110	0,992	733,24
Stadthammerschmidbach	14,294	1,191	386,13
Hacklmühlbach	8,552	1,191	527,68
Fabrikbach	6,836	0,992	—
Papiererbach	1,660	0,593	548,11
Stadtsägmühlbach	4,475	—	451,09
Gewürzmühlbach	0,920	—	325,59
Stadtmühlbach	6,314	—	442,75
Schwabingerbach vor dem Wasserfall	19,291	1,191	9631,18
Schwabingerbach unterhalb des Wasserfalls	17,228	—	—
Auermühlbach	13,882	—	5786,12

Innere Bäche

Name des Baches	Wassermenge Sec.-cbm	Geschwindigkeit pro Sec. in m	Länge in m
Glockenbach	2,834	0,992	540,82
Westermühlbach nach der Theilung	6,115	—	—
Bleicherbach	0,920	—	424,95
Mahlmühlbach	5,792	0,933	694,62
Krankenhausbach	0,273	—	871,78
Rossschwemmbach	5,345	—	443,63
Katzenbach	7,309	—	412,98
Einschüttbach	3,257	—	146,80
Germbach	3,928	—	139,22
Malzmühlbach	6,439	—	278,74
Kögelmühlbach	8,626	—	215.98
Oestl. Stadtgrabenbach	1,218	—	1779,18
Westl. „	0,721	—	2085,63
Kainzmühlbach	8,775	1,371	439.25
Angerbach	0,547	—	681,20
Pfisterbach	8,502	—	706,88
Eisbach	17,775	1,176	1131,83
Färbergrabenbach	—	—	886,38

Bei niedrigstem Wasserstande beträgt die Wassermenge, welche durch den grossen Stadtbach den äusseren und inneren Bächen zugeführt wird, immerhin 30 $^{\text{Sec.-cbm}}$ und bei mittlerem Stande 51 $^{\text{Sec.-cbm}}$.

Es berechnet sich also für einen Tag eine Wasserquantität [1]:

bei mittlerem Wasserstande von 4406400 ^{cbm},
„ niedrigstem „ „ 2592000 ^{cbm}.

Die Isar führt nach bisherigen Messungen eine Minimalwassermasse von 41,5 und eine Maximalwassermasse von 1500,0 $^{\text{Sec.-cbm}}$.

Die Geschwindigkeit für dieselbe ist 1,05 ^{m} pro Secunde.

v. Pettenkofer macht darauf aufmerksam, wie wichtig es ist, bei der Frage des Abschwemmens die Geschwindigkeit zu berücksichtigen, „da grosse Wassermengen, die an einem Orte vorhanden sind, für das Abschwemmen nicht als entscheidend gelten können, während kleine Wassermassen genügen, wenn sie einen raschen Lauf und somit eine grössere Schwemmkraft haben“.

Es wird nur wenig grosse Städte geben, denen eine so bedeutende und, worauf sehr viel Gewicht zu legen ist, eine so rasch fliessende Quantität reinen Wassers zu Gebote steht, wie der Hauptstadt München.

Die meisten englischen Flüsse, deren kolossale Verunreinigung durch Industrieabfälle man so oft zur Warnung vor Einführung des Schwemmsystems anführt, die nordamerikanischen Flüsse, die neuerdings in Folge der Entwicklung der Industrie ebenfalls in merkbarer Weise an manchen Stellen verunreinigt werden, erreichen oft nicht die Grösse der Wassermasse einzelner Bäche Münchens, während die letzteren noch obendrein eine weit bedeutendere Geschwindigkeit besitzen, die z. B. jene der Seine bei Paris um das Siebenfache übertrifft.

Wir werden später Gelegenheit nehmen, den Grad der Verunreinigung der Bäche und der Isar durch München in Rücksicht auf die obigen Verhältnisse mit dem Zustande der erwähnten Flüsse in Parallele zu stellen, um die Frage, „ob es erlaubt sei, der Isar

---

1) v. Pettenkofer, Vorträge über Canalisation und Abfuhr. München 1876. Seite 125.

alle Abfälle der Hauptstadt zu übergeben", auch auf diese Weise der Entscheidung näher zu bringen. —

Der stufenförmige Abfall des Stadtgrundes gegen die Isar und ihre Abzweigungen bot die beste Gelegenheit für die nächsten Anwohner, sich der Abfallstoffe zu entledigen, die durch die Hauswirthschaft und die Industrie erzeugt werden.

Von den entfernteren Strassen fanden die Abwässer durch Canäle, die aus den höheren Gegenden her systemlos, senkrecht in die Stadtbäche einmündeten, ihren Weg zu den Bächen. Als aber der Umfang der Stadt sich verdoppelte, reichte man mit den kleinen, den früheren Bedürfnissen wohl entsprechenden Canälen nicht mehr aus, die Quartiere rückten den Stadtbächen immer ferner, das Gefälle zu diesen wurde geringer, so dass man eine systematische Entwässerung der Stadt in Angriff nehmen musste. Dieser wurde das sogenannte Diagonalprincip zu Grunde gelegt und die Ludwigs- und Max-Vorstadt mit Canälen versehen, welche in einen Sammelcanal auslaufen, der unterhalb der Veterinärschule in den Schwabingerbach mündet. Bezüglich der näheren Details verweisen wir auf das von Prof. v. Pettenkofer verfasste Gutachten: „Das Canal- und Sielsystem in München 1869" und bezüglich der neuanzulegenden Canäle auf den im Auftrage des Magistrats erstatteten Bericht: „Die Canalisation der kgl. Haupt- und Residenzstadt München von J. Gordon".

II. Zustand und Quantität der in die Bäche gelangenden Abwasser und Abfälle.

Unter die Factoren, welche zur Verunreinigung beitragen, ist auch das Grundwasser zu rechnen, welches einen imprägnirten Stadtuntergrund berührt und in den Fluss abfliesst. Ein eclatanter Fall dieser Art kam im Staate Massachusets vor, wo der Angle broock durch die subterrane Drainage der Stadt Marlboro stark verunreinigt wurde[1]).

1) Report of de Medical Commission upon the Sanitary Qualities of the Sudbury, Mystic, Shawshine and Charles River Waters. Boston 1874. p. 43.

Das Grundwasser in München ergiesst sich in die Isar, während die Stadtbäche, deren Sohle höher liegt als der Brunnenwasserspiegel, kein Grundwasser subterran aufnehmen.

Es handelt sich dabei um eine sehr langsam fliessende Wassermasse, die auf einen Fluss wie die Isar keinen Einfluss haben kann. Es ist aber zu bedenken, dass dieselbe theilweise auf die Oberfläche gepumpt durch Fabriken, Werkstätten, Wohnungen, Waschhäuser und Küchen ihren Weg nimmt und auf diese Weise noch weiter verunreinigt, gleichsam in rascheren Fluss versetzt in viel kürzerer Zeit als auf subterranem Wege der Isar und den Stadtbächen übergeben wird.

Dass Boden und Grundwasser in München verunreinigt werden, lässt sich aus der Thatsache schliessen, dass die Stadt bei 6925 Hausnummern 6388 Abtrittgruben besitzt, von welchen 1088 während des Jahres 1874 gar nicht geräumt wurden[1]). Der Rückstandgehalt des Grundwassers schwankt daher auch in bedeutenden Grenzen. A. Wagner fand einen Rückstand von 0,4 bis $1{,}5^g$, Aubry beobachtete Schwankungen von 0,4 bis $2{,}5^g$ pro Liter, so dass sich eine Maximaldifferenz von $2{,}1^g$ ergiebt. Port hat die zahlreichsten Analysen ausgeführt und fand für das Jahr 1874 eine Maximaldifferenz von $1{,}185^g$.

Aus den angeführten Zahlen geht hervor, dass eine Vermehrung der in Lösung befindlichen Stoffe des Isarwassers durch das Grundwasser möglich ist, wenn dasselbe in genügender Quantität dem Flusse oder den Stadtbächen zugeführt wird.

Dass immerhin eine ansehnliche Wassermasse durch das Grundwasser in den Fluss gelangt, davon kann man sich überzeugen, wenn man die vielen laufenden Quellen betrachtet, welche am östlichen Ufer des Auermühlbaches zu Tage treten und deren Wasser direct in den Bach einläuft. Sie tragen, wenn auch nur in geringem Maasse, zur Vermehrung der Rückstandmenge und der organischen Stoffe bei, welche für den Auermühlbach nachgewiesen wurde.

Die inneren Bäche vermehren ihre Wassermasse während des Laufes durch die Stadt um $2{,}61^{\text{Sec.-cbm}}$, wovon der grösste Theil

1) v. Pettenkofer, Vorträge über die Canalisation und Abfuhr. München 1876. Seite 61.

auf Zufuhr von Grundwasser kommt, welches, an und für sich schon stark verunreinigt, seinen Weg nicht nur durch den Boden, sondern auch durch die Stätten menschlicher Thätigkeit genommen hat.

Einige in der Nähe der Isar gelegenen Brunnen verhalten sich in Bezug auf den Gehalt an gelösten Stoffen ganz wie das Isarwasser. Die Pumpbrunnen in der alten Isarkaserne z. B. enthalten nach Port einen Rückstand von 223 bis 290^{mg} pro Liter. Es findet also auch ein Auswaschen eines Theils des Stadtuntergrundes durch das Flusswasser statt, was nach A. Thiem in der Configuration der Ufer begründet ist, indem die Krümmungen des Stromes am convexen Ufer den Eintritt von Flusswasser in den Untergrund und den Austritt desselben bei einer wiederholten Krümmung am concaven Ufer gestatten.

Wenn man voraussetzen dürfte, dass den ortspolizeilichen Vorschriften durch die Bewohner Folge geleistet würde, wäre es leicht, über den Zustand der in die Bäche gelangenden Abfälle zu entscheiden. Nach §. 2 dieser Vorschriften durften, als wir unsere Analysen ausführten, nur „Haus- und Gewerbewasser, welche noch nicht in faulige Zersetzung übergegangen sind" und nicht übelriechende Flüssigkeiten in die Bäche und Canäle eingeleitet werden[1]). Ausnahmen von dieser Bestimmung werden aber mit besonderer polizeilicher Erlaubniss gestattet, und fast aus allen an den Stadtbächen gelegenen Häusern münden Abtritte in die Wasserläufe, aus welchen hauptsächlich Abtrittüberwasser eingeleitet wird, indem man, wie v. Pettenkofer hierzu kurz und treffend bemerkte, „die Mücken seit und den Elephanten durchlässt". Abtrittüberwasser verunreinigt das Canalwasser mit in Wasser löslichen organischen Substanzen viel bedeutender als frische Excremente, was v. Pettenkofer schon vor Jahren durch den Vergleich der von Prof. Dr. Feichtinger ermittelten chemischen Zusammensetzung des Tag- und Nachtwassers der hiesigen Siele

---

1) Zusammenstellung der in München hinsichtlich der Reinlichkeitspolizei geltenden ober- und ortspolizeilichen Vorschriften. München den 8. Juli 1873 Magistrat der kgl. Haupt- und Residenzstadt München.

mit dem Canalwasser von Rugby gezeigt hat[1]). Von den frischen Excrementen ist nur ein geringer Theil der organischen Substanz in Wasser löslich, während beim Abtrittüberwasser, einer Mischung von Harn- und Hauswässern, denen Koth beigemischt ist, schon nach einigen Stunden eine lebhafte Zersetzung beginnt, in Folge deren die anfangs unlöslichen organischen Substanzen in lösliche, fötide organische Verbindungen umgesetzt werden, wobei gleichzeitig Ammoniak, Schwefelwasserstoff, Schwefelammonium u. s. w. entstehen und eine üppige Entwicklung von Spalt-, Spross- und Schimmelpilzen sich einstellt.

Ueber die verschiedene Wirkung, welche einerseits durch frische Excremente und Abfälle, andererseits durch solche, welche sich in Zersetzung befinden, auf die Flüsse und die Beschaffenheit des Canalwassers ausgeübt wird, enthält der erste Bericht der River's Pollution Commission umfangreiches statistisches Material. Was v. Pettenkofer durch die chemische Untersuchung der genannten Canalwasser nachwies, das bestätigt dort neuerdings Frankland durch eine grosse Anzahl von Analysen des Canalwassers englischer Städte mit Mistgruben einerseits und Wasserclosets andererseits; er kam zu dem Resultat, dass in der Concentration desselben nichts geändert wird, wenn nur ein Theil der Excremente indirect in die Canäle gelangt, und dass, falls man nur Abtrittüberwasser einleitet, immerhin $^4/_5$ sämmtlicher Excremente in die Canäle kommen, die sich aber in stark faulendem Zustande befinden.

Im Durchschnitt treffen auf das Canalwasser mit Mistgruben, wobei also nur Abtrittüberwasser in die Canäle kommt, folgende Mengen:

Theil in 100,000 Theilen:

Rückstand	Organ. Kohlenstoff	Organ. Stickstoff	Ammoniak	Nitrate und Nitrite	Gesammtmenge des N	Chlor	Anorgan. suspendirte Stoffe	Organ. suspendirte Stoffe	Gesammtmenge der suspendirten Stoffe
82,4	4,18	1,975	5,435	0	6,451	11,54	17,81	21,30	39,11

1) Das Canal- und Sielsystem in München von Dr. M. v. Pettenkofer. 1869.

Der Durchschnittsgehalt für eine grössere Anzahl von Analysen des Canalwassers aus Städten, welche sämmtliche Abfälle und Excremente in frischem Zustande in die Canäle einleiten, ist folgender:

Rückstand	Organ. Kohlenstoff	Organ. Stickstoff	Ammoniak	Nitrate und Nitrite	Gesammtmenge des N	Chlor	Anorgan. suspendirte Stoffe	Organ. suspendirte Stoffe	Gesammtmenge der suspendirten Stoffe
72,2	4,696	2,205	6,703	0,003	7,728	10,66	24,18	20,51	44,69

Der Gehalt an organischen Substanzen differirt in beiden Arten von Canalwasser nur unbedeutend, und der Gehalt an Chlor ist in dem ersteren noch beträchtlicher als derjenige im Canalwasser von Städten mit Wasserclosets. Dr. Lancaster hebt hervor, dass eine kleine Menge fauler Canalflüssigkeit den Sauerstoff des Wassers erschöpfe, was selbst bei einer grossen Menge frischer Canalflüssigkeit nicht der Fall ist. Nach Dr. List[1]) nimmt die Menge des zur Oxydation der organischen Substanz verbrauchten Sauerstoffs im Wasser des Speierbaches bei seinem kurzen Laufe durch Neustadt a. d. H. um das Doppelte zu, wenn durch heftigen Regen die hinter den Häusern deponirten, in Zersetzung begriffenen Excremente in den Bach geschwemmt werden. Aehnliches haben wir bei unseren Analysen beobachtet, wenn das Wasser bei gerade eingetretenem Thauwetter und starkem Regen genommen wurde. Trotz einer viel bedeutenderen Wassermasse in den Bächen war die Verunreinigung die gleiche und stellenweise sogar eine bedeutendere, als wenn eine Analyse nach lang andauernder Trockenheit ausgeführt wurde. Der Grund liegt darin, dass bei reichlichem Regen Abtrittüberwasser, welches den grössten Theil der Excremente in Lösung oder Suspension enthält, sowie längere Zeit vorher angehäufter Strassenschmutz u. dgl. in die Bäche kommt.

Die Menge der in die einzelnen Bäche Münchens gelangenden Excremente lässt sich annähernd berechnen, wenn man die Zahl der Anwohner und die der einmündenden Abtritte ermittelt und

1) Studien zur Statistik des Wassers. Heidelberg 1873.

der Berechnung die von C. Voit für die tägliche Harn- und Excrementenmenge des normalen Menschen festgestellten Grössen zu Grunde legt, nämlich für die Harnmenge 1254g mit 65g festen Bestandtheilen und für den Koth 131g mit 33g festen Stoffen. Solche Berechnungen haben wir für einzelne Bäche ausgeführt und so, in Berücksichtigung der Wassermasse, auch die mögliche Zunahme des Chlors und der festen Stoffe berechnet.

Die Gesammtzahl der Abtritte und Abwassercanäle, welche direct in die Bäche münden, beträgt 539; davon treffen auf die Abtritte 441, so dass also für die Abwassercanäle 98 übrig bleiben.

Die Abwassermenge, welche aus den Sielen und Canälen unterhalb der Veterinärschule in den Schwabingerbach fliesst, wurde im Jahre 1868 zu 129,2l pro Secunde gemessen. Wir haben nur zweimal, immer nach starkem Regen, das hiesige Canalwasser der Analyse unterworfen und zwar aus dem Grunde nicht öfter, weil der durchschnittliche tägliche Concentrationsgrad desselben nur ermittelt werden kann, wenn man in sehr kleinen Zeitintervallen, etwa ¼stündlich das Canalwasser in kleinerer Quantität schöpft und dann die so erhaltene Flüssigkeitsmenge nach durchgreifender Mischung analysirt, wie dies im Jahre 1868 ausgeführt wurde, wozu uns die Zeit mangelte. Feichtinger fand damals in dem bei trockenem Wetter gesammelten Canalwasser eine Rückstandmenge von 541mg pro Liter, wovon die organischen Stoffe 160mg ausmachten.

Wir erhielten folgende Zahlen:

Canalwasser. Milligramme pro Liter:

Datum	Rückstand	Lösungsrückstand	Kalk	Chlor	Organ. Substanz
4. Jan. 1875	466,0	—	146,0	38,2	1063,3
13. Juli "	472,5	216,6	116,0	61,3	251,5

Auffallend ist bei der Analyse vom 4. Januar, dass der Gehalt an organischen Stoffen, welcher durch Titriren mit Kaliumpermanganatlösung ermittelt wurde, die Rückstandmenge noch um Vieles übersteigt. Dies rührt wahrscheinlich daher, dass das Canalwasser Schwefelwasserstoffverbindungen und andere leicht zersetz-

liche organische Verbindungen enthielt, welche während des Abdampfens in gasförmige Zersetzungsproducte übergingen und sich verflüchtigten.

Einen auffallend grösseren Gehalt bestimmte im Jahre 1874 und 1875 v. Schelhass, nämlich 1,176^{g} Rückstand und 0,610^{g} organische Stoffe.

Darnach wäre das hiesige Sielwasser concentrirter als alle bisher untersuchten Canal- und Cloakenwasser. Es ist immerhin möglich, dass diese Zahlen die durchschnittliche Zusammensetzung der Canalflüssigkeit, wie solche aus der Sielmündung in den Bach fliesst, annähernd repräsentiren, da die Länge des Canalnetzes seit 1868, in welchem Jahre es eine Ausdehnung von 12856^{m} mit 13 Spülbehältern hatte, um 8144^{m} erweitert worden ist, während in dieser Zeit die Zahl der Spülbehälter nur um zwei vermehrt wurde und seitdem viel mehr Häuser dem Sielnetze sich angeschlossen haben.

Die Verunreinigung durch Industrie kann von weit grösserer Bedeutung werden als alle anderen Quellen der Verunreinigung. Sowohl der erste Bericht der River's Pollution Commission, als auch das Gutachten der Medical Commission über den Zustand der Flüsse Sudbury, Mystic, Shawshine und Charles[1]) stellen fest, dass weniger in Folge der Vermehrung der Bevölkerungszahl im Flussgebiet, als vielmehr mit der Zunahme der Fabriken die Verunreinigung der Flüsse gestiegen ist. So ist z. B. der Bevölkerungsstand im Drainagegebiete des Charlesflusses geringer als jener im Flussthale des Sudbury; für das Gebiet des Charles treffen 165. für den Sudbury 229 pro engl. Quadratmeile. Trotzdem ist das Wasser des ersteren in höherem Grade verunreinigt, was sich leicht aus dem Umstande erklärt, dass er das Abwasser von mehr als zweimal soviel Gerbereien, Wollen-, Filz-, Papier- und Baumwollenfabriken empfängt, während die Werke ungefährlicher Art wie Cement-, Bürsten-, Kamm-, Wagen-, Strohfabriken etc. am Sudbury zahlreicher sind. In welch hohem Grade die Flüsse lediglich durch Fabrikabwasser verunreinigt werden können, beweisen

1) Report of the Medical Commission upon the Sanitary Qualities of the Sudbury, Mystic, Shawshine and Charles River Waters. Boston 1874. Seite 43 u. 50.

die Untersuchungen von Gérardin[1]), welcher beauftragt wurde, „die Ursachen zu erforschen, welche die Flüsse des Bezirks St. Denis für die Gesundheit so nachtheilig machen“. Er constatirt, dass in den letzten 20 Jahren hauptsächlich in Folge der Entwicklung der Industrie die Verunreinigung der Flüsse in kolossaler Weise zugenommen hat. Die früher sehr reinen Flüsse im Seine-Departement sind in gesundheitsschädliche Cloaken verwandelt worden; ebenso verhält es sich in jenen Departements, wo vorzüglich Industrie und Manufactur blühen. Gérardin führt zwei Fälle an, welche die deletären Wirkungen des Fabrikabwassers klar darthun. Vor einigen Jahren liess eine in Louvres (Seine et Oise) etablirte Stärkefabrik ihr Industriewasser in den Croult fliessen; in wenigen Stunden war die ganze Kressenanlage von Gonesse vernichtet. Die Stärkefabrik wurde zum Schadenersatz verurtheilt und das Abwasser musste vom Flusse fern gehalten werden. Die Kressenanlagen stellten sich dann bald wieder her und stehen jetzt in voller Blüthe. Im Jahre 1869 floss einmal zufällig gelegentlich eines Sturmes ein Fabrikabwasser in den Canal Saint-Denis; sofort erschienen die Fische an der Oberfläche und waren während eines Zeitraumes von 24 Stunden so betäubt, dass man sie mit der Hand ergreifen konnte[1]).

Der Bericht der oben erwähnten Medical Commission summirt die „Verunreinigung durch Industrie“ der Gefährlichkeit nach in folgender Aufstellung:

Den schlimmsten Einfluss auf das Wasser der Flüsse üben aus:

Verunreinigung durch animalische Stoffe.	1) Gerbereien und Lederfabriken, Leimfabriken, Papierfabriken, Wollenwäschereien, Wollen-, Seide- und Filzfabriken;
Verunreinigung durch vegetabilische Stoffe.	2) Baumwollen-, Faden- und Bindfadenfabriken;

1) M. A. Gérardin, Altération, Corruption et Assainissement des rivières. Annales d'hygiène publique 2. Ser. 43. T. p. 6 u. 7.

Verunreinigung durch anorganische Stoffe.	3) Färbereien, Druckereien und Farbfabriken, Chemische Werke und Seifefabriken, Gasfabriken.

Am wenigsten kommen in Betracht:

4) Säge- und Getreidemühlen, Werkzeug- und Maschinenfabriken und ähnliche Werke.

Der siebente Bericht des Gesundheitsrathes von Massachusetts veröffentlicht in dem Abschnitte „The Pollution of Rivers" verschiedene, aus englischen Berichten entnommene Analysen von Abwasser der obengenannten Fabriken.

Da man sich gewöhnlich keine Vorstellung davon macht, in welch kolossalem Grade solche Flüssigkeiten verunreinigt sind, so lassen wir hier die Ergebnisse einiger Analysen folgen.

Das Abwasser aus den „soaking holes" einer Gerberei in Salem (Massachusetts) hatte folgende Beschaffenheit:

In 100,000 Theilen:

Nr.	Ammoniak	Eiweiss-Ammoniak	Feste Stoffe			Chlor
			Anorganisch	Organisch	Gesammtgehalt	
1	41,000	0,362	273,40	106,00	379,40	98,0
2	41,600	0,304	425,60	147,00	572,60	179,2

Das Abwasser Nr. 1 wird dadurch erzeugt, dass 150 Schafhäute 10 Tage lang in frisches Salzwasser eingeweicht werden. In Nr. 2 wurden 175 Häute zum zweiten Mal 5 Tage lang macerirt. Der North-River, welcher durch Peabody und Salem fliesst, ist ein kleiner Fluss; es ist daher erklärlich, dass er durch solches Abwasser aus 62 Gerbereien in enormem Grade verunreinigt werden muss. Die folgende Tabelle veranschaulicht den Zustand des Flusses bei Salem.

In 100,000 Theilen:

Ammoniak	Eiweiss-Ammoniak	Feste Stoffe			Chlor
		Anorganisch	Organisch	Gesammtgehalt	
0,552	0,207	204,32	41,20	245,52	108,0

Der Gestank am Ufer ist manchmal so stark, dass die Anwohner die Fenster nicht öffnen können. Aus Salem münden auch noch acht Sewers in den Fluss, und ausser den Gerbereien entwässern einige Leimfabriken und 14 „Maroccoshops“ in den North-River.

Das Abwasser einer Seifen- und Sodafabrik in Runcorn enthielt in 100,000 Theilen (nach den Berichten der im Jahre 1868 niedergesetzten englischen River's Pollution Commission) 325,75 Theile gelöste Stoffe, 637,88 Theile Chlor, 588,20 Theile freie Salzsäure, 0,123 Theile Stickstoff in Form von Nitraten und Nitriten und 0,2 Theile Arsen.

Das Abwasser einer Papierfabrik, in welchem Esparto gekocht wurde, enthielt in 100,000 Theilen:

Rückstand	4038,00
Organischen Kohlenstoff . .	939,84
Organischen Stickstoff . . .	77,04
Ammoniak	1,12

Nächst der Verunreinigung des Wassers durch das Waschen von schmutzigen Lumpen ist das Einlassen der Sodaflüssigkeit, in welcher Espartogras gekocht wurde, die schlimmste Quelle der Flussverunreinigung durch Papierfabriken. Ein Fluss, hierdurch verunreinigt, trägt auf weite Entfernung hin (oft meilenweit) bleibenden Schaum auf seiner Oberfläche, der sich oft zu 4 Fuss Höhe anhäuft.

Das Abwasser von Tuch- und Wollfabriken trägt ebenfalls viel zur Verunreinigung der Flüsse bei. Nach den Berichten der III. River Pollution Commission kommen bei der Production von 500 Stück Tuch 32 Ctr. Soda, 2000 cbf Harn, 160 Ctr. auf der Wolle haftende Fett- und Schmutztheile, 60 Ctr. Seife, 40 Ctr. Oel, 20 Ctr. Leim, 75 cbf Schweineblut, ebensoviel Schweinekoth und 40 Ctr. Walkererde, ferner 400 Ctr. Farbewaaren, Alaun, Weinstein und andere Materialien mit dem Abwasser in den Fluss [1]).

Abwasser aus Wollfabriken.

In 100,000 Theilen sind enthalten:

Probe	Gehalt an löslichen Stoffen	Organischer Kohlenstoff	Organischer Stickstoff	Ammoniak	Stickstoff in Form von Nitraten und Nitriten	Gesammtgehalt an chemisch gebundenem Stickstoff	Chlor	Metallisches Arsen	Suspendirte Stoffe		
									Anorganische	Organische	Gesammtgehalt
Abwasser vom Waschen der Wolle	1099,40	132,480	9,880	54,610	0	54,850	—	Spur	870,95	2611,65	3482,60
Abwasser aus Wollfabriken nach 15 Analysen, Durchschnittszahlen .	337,00	64,783	10,384	11,647	0,041	20,015	21,94	0,110	102,39	372,45	474,84
Abwasser aus einer Deckenfabrik . . .	678,00	120,710	19,508	0,940	0	20,282	35,60	0,004	60,40	314,20	374,60

1) Citirt in: Wörterbuch der Staatsarzneikunde von G. Kraus und W. Pichler Bd. IV S. 390. Stuttgart 1877.

Die Abflüsse einer Zeugfärberei enthielten in 100,000 Theilen:

Gelöste Stoffe				Suspendirte Stoffe			Gesammtgehalt der gelösten und suspendirten Stoffe
Rückstandmenge	Organ. Kohlenstoff	Organ. Stickstoff	Chlor	Mineralische Stoffe	Organische Stoffe	Gesammtmenge der suspendirten Stoffe	
236,5	9,619	0,529	42,8	17,84	35,22	53,16	289,7

Die Verunreinigung der Flüsse, die durch derartiges Schmutzwasser hervorgebracht wird, ist in manchen Fällen ganz kolossal, wie z. B. die durch die Wollfabriken hervorgebrachte Verunreinigung des Flusses Vesle bei Rheims. Der Fluss ist aber so klein, dass die Abwassermenge nur zweimal geringer ist als das Flusswasserquantum. Andererseits giebt es viele Flüsse, die eine grosse Menge solchen Abwassers aufnehmen, ohne dass im Gehalt des Flusswassers an gelösten und suspendirten Stoffen durch die chemische Analyse eine Veränderung nachweisbar ist. So nimmt z. B. der Windrush das Canalwasser von Witney auf, welches das Abwasser einer Anzahl von Wollfabriken enthält; aber das Vorhandensein dieses Abwassers ist nach der durch das Flusswasser hervorgebrachten 100fachen Verdünnung nicht mehr zu constatiren. Ebenso verhält sich der Severn bei Newton, wo ihm das noch stärker verunreinigte Abwasser aus Flanellfabriken zugeführt wird.

Ob eine Verunreinigung des Flusses möglich ist oder nicht, das hängt selbstverständlich von dem quantitativen Verhältnisse zwischen Flusswasser und Fabrikabwasser ab. Es giebt nun aber bekanntlich eine Reihe von Methoden, welche dazu dienen, das Fabrikabwasser ohne Kostenaufwand zu reinigen, wie z. B. das Eindampfen und Calciniren der Espartoflüssigkeit, wobei gewisse brauchbare Stoffe, in diesem Falle die Soda, wiedergewonnen und so die Kosten des Reinigungsverfahrens gedeckt werden. Aber wenn dieses in München auch nicht geschieht, wenn das Fabrikabwasser direct in den Strom eingeleitet wird und wenn sich die Zahl der Fabriken in den nächsten Jahren auch verdoppeln oder

um das Dreifache vermehren würde, das Fabrikabwasser würde dann noch nicht genügen, um den Strom zu verunreinigen.

In München beträgt nämlich die Gesammtzahl der Grossgewerbebetriebe 162, die Zahl der dabei beschäftigten Personen 61718. Unter diesen Gewerben fällt der bei weitem überwiegende Theil in die letzte Kategorie der oben aufgezählten Industriezweige, welche für die Verunreinigung der Flüsse von ganz untergeordneter Bedeutung sind, und es bleiben für die übrigen Kategorien folgende übrig:

Fabriken.	Zahl der Hauptbetriebe	Zahl der Arbeiter
Lederfabrik	2	357
Leder- und Leimfabrik	1	44
Gerbereien	3	57
Papierfabrik	2	166
Oelfabrik	1	39
Wollenspinnerei	3	51
Tuchfabrik	1	10
Hutstofffabrik	1	30
Filzfabrik	1	43
Gummifabrik	1	29
Färberei	1	21
Farbfabrik	1	9
Seifen- und Lichterfabrik	3	33
Gasfabrik	1	248
Tapetenfabrik	2	45
Gesammtsumme	25	1183

Gegen diese Fabriken sind von Seite der Bachanwohner bis jetzt noch keine Klagen wegen etwaiger Verunreinigung des Wassers laut geworden. Eine grosse Anzahl von Beschwerden hat dagegen im vorigen Jahre die Errichtung der Zech'schen Fabrik zur Verarbeitung von Gaswasser auf Ammoniak veranlasst, in welchen behauptet wurde, dass immer dann, wenn das Abwasser der Fabrik in den grossen Stadtbach eingelassen werde, ein „unerträglicher, intensiver“ Geruch den Bach entlang sich verbreite. Die Untersuchung der thatsächlichen Verhältnisse durch eine Commission

von Sachverständigen hat jedoch auf Grund chemischer Analysen entschieden, „dass der Fortbetrieb genannter Fabrikation weder belästigend noch für Dinge und Menschen schädlich, daher nicht im mindesten zu beanstanden sei". Seit der Einführung der von Herrn A. Wagner vorgeschlagenen Verbesserung des Betriebes, nach welcher das Abwasser der Fabrik erst nach erfolgter Abkühlung in einem Reservoir und nicht mehr plötzlich, sondern nur allmählich in den Bach gelassen wird, sind alle Klagen verstummt.

Wie untergeordnet die Bedeutung der oben aufgezählten Fabriken für die Verunreinigung der Isar ist, soll auch noch an einem Beispiele gezeigt werden:

Der Blackstone, ein Fluss im Staate Massachusets, führt etwa ebensoviel Cubikfuss Wasser in 24 Stunden als unser grosser Stadtbach Cubikmeter; derselbe nimmt die Abfallstoffe von 44 Wollen- und 27 Baumwollenfabriken auf, von welchen die ersteren 3003, die letzteren 3978 Arbeiter beschäftigen. Die Einwohnerzahl der Städte und Dörfer, welche in den Fluss entwässern, beträgt 55050.

Trotzdem wird sein Wasser von den Anwohnern des Unterlaufes z. B. in Blackstone „ohne Schaden für die Gesundheit" getrunken und zum häuslichen Gebrauch verwendet[1]).

III. Wasserstände der Isar zur Zeit der Untersuchung des Wassers.

(Pegel an der Bogenhauser Brücke).

Die Wasserstände der Isar waren an den Tagen, an welchen wir die Proben zur Analyse genommen haben, folgende:

5.	November	1874	— 2,34 m
4.	Januar	1875	— 2,55
9.	Februar	„	— 2,50
21.	„	„	— 2,53
28.	„	„	— 2,54
13.	März	„	— 1,45
9.	April	„	— 1,40
14.	Mai	„	— 0,60
15.	Juni	„	— 1,70
13.	Juli	„	— 0,45
28.	Juli	„	— 1,20

1) Special Report on the Pollution of Rivers. Boston 1876.

Die folgende Tabelle enthält die durchschnittlichen, sowie auch die höchsten und niedrigsten Pegelstände für die einzelnen Monate des Jahres 1875, sowie für November und December 1874.

Monate	Pegelhöhe		
	durchschnittliche	höchste	niedrigste
November 1874 . . .	— 2,313 m	— 1,80 m	— 2,45 m
December 1874 . . .	— 2,42	— 2,30	— 2,53
Januar 1875 . . .	— 2,27	— 1,63	— 2,53
Februar „ . . .	— 2,47	— 2,36	— 2,54
März „ . . .	— 1,97	— 0,48	— 2,55
April „ . . .	— 1,49	— 0,55	— 2,02
Mai „ . . .	— 0,75	— 0,10	— 1,40
Juni „ . . .	— 1,35	+ 0,90	— 1,90
Juli „ . . .	— 1,09	— 0,25	— 1,60
August „ . . .	— 1,75	— 1,00	— 2,05
September „ . . .	— 1,47	+ 0,90	— 2,00
October „ . . .	— 1,17	+ 0,34	— 1,70
November „ . . .	— 1,66	— 0,25	— 1,95
December „ . . .	— 2,16	— 2,00	— 2,30
	— 1,63 m	+ 0,90 m	— 2,55 m

Aus diesen beiden Tabellen ist ersichtlich, dass wir das Wasser der Isar und Stadtbäche sowohl zur Zeit des niedrigsten (4. Jan. 1875) als auch zur Zeit eines sehr hohen, wenn auch nicht des höchsten Pegelstandes untersucht haben. Der niedrigste Pegelstand für die Jahre 1874 und 75 war 2,55 unter Null, und dieses ist zugleich der niedrigste Wasserstand, welcher überhaupt seit Errichtung des Pegels an der Bogenhauser Brücke beobachtet wurde. Die Analyse vom 4. Januar 1875 kennzeichnet daher den Zustand des Flusses zu einer Zeit, in welcher er eine ausnahmsweise geringe Wassermasse führte. Der höchste Wasserstand, nämlich 4,82 ober Null, wurde am 2. August 1851 an genanntem Pegel notirt.

IV. Untersuchung des Wassers der Münchener Stadtbäche und der Isar.

Die Untersuchung der Stadtbäche haben wir in der Weise durchgeführt, dass wir zu verschiedenen Jahreszeiten und unter

verschiedenen atmosphärischen Verhältnissen die zur Analyse nothwendige Quantität Wasser jedesmal an 15 Stellen der äusseren und an 13 Stellen der inneren Stadtbäche eigenhändig schöpften. Da der eine von uns die Proben für die inneren, der andere für die äusseren Stadtbäche entnahm und, da sich jeder eines Wagens bediente; so war zur Füllung nur eine Zeit von 1 bis 2 Stunden nothwendig. Um den Antheil des einzelnen Baches an der Gesammtveränderung des Flusswassers beurtheilen zu können, wurde sowohl am Beginn als auch am Ende eines jeden Baches eine Probe zur Analyse genommen, und wo grössere verunreinigende Zuflüsse wie z. B. der Sammelcanal des Sielnetzes mündeten, da wurden ausserdem auch noch vor und nach Einmündung derselben, um ihren Einfluss auf das Wasser des Baches genau bestimmen zu können, das zur Analyse bestimmte Wasser geschöpft. Um eine ausreichende Quantität zur Untersuchuug zu haben, um ferner eine zufällige, momentane Verunreinigung möglichst auszuschliessen, wurden an jeder der auf den Tabellen verzeichneten Füllungsstellen je 4^l Bach- resp. Flusswasser in der Weise entnommen, dass wir die vorher noch nicht gebrauchten und wohl ausgespülten Flaschen, deren Hals einen Durchmesser von 3^{cm} hatte, einen Fuss tief in den Bach eintauchten, bis sie sich allmählich gefüllt hatten. Jede Probe wurde alsdann durch ein bei 100° C. getrocknetes und gewogenes Filter filtrirt und analysirt. Der Filterrückstand wurde, nachdem er bei 100° C. getrocknet worden war, gewogen und auf diese Weise die Menge der suspendirten Stoffe bestimmt.

Bestimmung der Rückstandmenge.

Wir haben, bevor mit der Analyse des Isarwassers begonnen wurde, 100, 200, 300 und 500^{ccm} Wasser zur Rückstandbestimmung abgedampft und gefunden, dass die übereinstimmendsten Zahlen erhalten wurden, wenn 500^{ccm} Wasser in Verwendung kamen. Der aus 500^{ccm} Wasser erhaltene Rückstand wurde bei 100° C. getrocknet, wobei nach Frankland „eine gewisse Menge Wasser zurückbleibt, die als zu den festen Bestandtheilen gehörig zu betrachten ist“[1]). Für jede Probe wurden zwei Rückstand-

1) Roth und Lex, Militär-Gesundheitspflege 1872 Bd. I S. 72.

bestimmungen zur gegenseitigen Controle ausgeführt; wenn die dabei erhaltenen Zahlen bedeutend differirten, wurden weitere 500^{ccm} abgedampft, bis übereinstimmende Werthe erhalten wurden.

Bestimmung des in kohlensäurefreiem Wasser wieder löslichen Theils der Rückstandmenge.

Zur Bestimmung der in kohlensäurefreiem destillirten Wasser wieder löslichen Stoffe, deren Menge wir als „Lösungsrückstand" bezeichnen, wurde die Schale so weit mit destillirtem Wasser, welches durch Prüfung mittelst Rosolsäurelösung (nach v. Pettenkofer) als kohlensäurefrei erkannt wurde, aufgefüllt, als sie vorher mit dem abzudampfenden Wasser bedeckt gewesen war. Alsdann wurde der an der Schale haftende Theil des Rückstandes mit einem Glasstab von den Wandungen entfernt, nach einiger Zeit und öfterem Umrühren durch ein kleines Filter filtrirt und Schale und Filter noch einige Male nachgespült, bis man sicher sein konnte, dass das letztabträufelnde Wasser keinen Rückstand mehr ergab. Das Filtrat wurde abgedampft, bei 100° C. getrocknet und nach dem Erkalten gewogen. Wie bei der Bestimmung der Rückstandmenge, so wurden auch bei der Bestimmung des „Lösungsrückstandes" immer zwei Proben des nämlichen Wassers in Untersuchung genommen und zur weiteren Controle wurde auch häufig der auf dem Filter bleibende unlösliche Theil bei 100° C. getrocknet und gewogen.

Die Bestimmung des Kalkgehaltes wurde nach der von Mohr angegebenen maassanalytischen Methode vorgenommen.

Die Bestimmung der freien und halbgebundenen Kohlensäure wurde nach der Methode von Pettenkofer ausgeführt. (Sitzungsberichte der mathematisch-physikalischen Classe der bayer. Akademie der Wissenschaften 1860.)

Der Chlorgehalt wurde nach Mohr durch Silbernitratlösung bestimmt, wobei neutrales Kaliumchromat als Indicator dient.

Zur Bestimmung der Salpetersäure wurde die von Marx eingeführte und von Trommsdorf modificirte Methode benützt. Da es sich nur um minimale Mengen von Salpetersäure handelte, so wurde die Indigolösung sehr verdünnt angewendet.

Die organischen Stoffe bestimmten wir nach der von Kubel modificirten Methode durch Kaliumpermanganatlösung und Multiplication der verbrauchten Menge Kaliumpermanganat mit der Zahl 5.

Obschon wir wissen, dass diese Art der quantitativen Bestimmung der organischen Substanzen im Wasser nur sehr annähernde Resultate giebt, behielten wir sie doch bei, da unser Zweck, die Schwankungen in der Menge oxydirbarer Stoffe im Wasser zu bestimmen, gleichgiltig von welcher Zusammensetzung diese waren, damit hinreichend genau und in kurzer Zeit erreicht werden konnte.

Füllungszeit. Regenmengen.

Das Wasser zur ersten Hauptanalyse wurde am 5. November 1874 nach langandauernder Trockenheit zwischen 9½ und 12 Uhr Vormittags geschöpft. Die Temperatur der Luft war Morgens 9 Uhr — 0,3° R. und Mittags 12 Uhr + 1,2° R. Bedeckter Himmel, Nebel. Die Regenmengen für den Monat September waren 19,93'''. Vom 14. September bis 1. October fielen keine Niederschläge. Die Regenmengen beliefen sich im Monat October auf nur 11,52'''. Vom 10. October bis 11. November fielen keine Niederschläge, nur am 23. und 24. October je 0,50''' und 1,71'''. Die Farbe des Flusswassers war schön blaugrün. Unterhalb des Wasserfalles und hinter der Sielmündung war die Farbe des Bachwassers schmutziggrün.

Die Proben zur zweiten Analyse wurden am 4. Januar 1875 bei Thauwetter Nachmittags zwischen 1 und 5 Uhr geschöpft. Nachdem im December 1874 reichliche Niederschläge, grösstentheils Schnee, gefallen waren, trat am 3. Januar Regen- und Thauwetter ein, indem die Temperatur der Luft, welche am 2. Januar auf — 13,7 stand, am 3. Januar Morgens auf + 0,1 und Mittags auf + 3,5 stieg. Die Lufttemperatur war am 4. Januar Morgens + 1,9 und Nachmittags + 3,5° R. Die grösstentheils festen Niederschläge für den November 1874 waren 26,07''', für den December 24,9'''. Am 3. Januar fielen 1,44''' und am 4. Januar 3,35'''. Das Wasser war an diesem Tage röthlichgelb getrübt durch suspendirte Stoffe.

Als am 14. Mai das Wasser untersucht wurde, führte die Isar Hochwasser in Folge der Schneeschmelze im Gebirge. Das Wasser war durch suspendirte Stoffe nur leicht getrübt. Windstille, leichter Regen. Temperatur der Luft 16,0° R.

Dem 13. Juli waren mehrere Gewitterregen vorausgegangen, und es betrug die Menge der Niederschläge vom 6. bis 12. Juli 13,81‴. Das Flusswasser war durch reichlich beigemengte, hauptsächlich anorganische, suspendirte Stoffe schmutzigweiss gefärbt. Die Temperatur der Luft war zwischen 1 und 3 Uhr Nachmittags, als die Proben genommen wurden, 14,0° R. Die Regenmenge an diesem Tage betrug 1,88‴.

Bevor wir zur näheren Betrachtung der Veränderungen übergehen, welche das Isarwasser während seines Laufes durch München erleidet, geben wir hier die Zahlen, welche durch eine von G. C. Wittstein im September 1857 ausgeführte vollständige Analyse des Isarwassers gewonnen wurden. Das Wasser wurde oberhalb der Reichenbachbrücke, bevor es durch die Stadt beeinflusst war, geschöpft.

Quantitative Zusammensetzung des Abdampfrückstandes.

Bestandtheile	In 1000 g Isarwasser	Procente der festen Stoffe
Chlornatrium	0,00163	0,723
Kali	0,00413	1,832
Natron	0,00569	2,524
Kalk	0,07830	34,737
Magnesia	0,01574	6,982
Eisenoxyd	0,00030	0,133
Phosphorsäure . . .	0,00026	0,115
Kieselsäure	0,00236	1,029
Kohlensäure	0,04955	21,981
Organische Substanz .	0,03962	17,576
Gesammtmenge des festen Rückstandes .	0,22543	100,000

I. Analyse nach langandauernder Trockenheit.

(Das Wasser wurde am 5. November 1874 zwischen 9 ½ u. 12 Uhr Vorm. geschöpft.)

a) äussere Bäche. Gramme pro Liter.

Füllungsstellen	Rückstand	Lösungs-rückstand	Kohlensäure	Kalk	Chlor	Salpetersäure	Organische Substanz	Temperatur nach R.
1. Gr. Stadtbach beim Ausfluss aus d. Isar	0,2215	0,0756	0,0890	0,0855	0,0013	0,0005	0,0163	+ 5,2°
2. Dreimühlbach beim Ausfluss aus d. Isar	0,2219	0,0752	0,0890	0,0855	0,0013	0,0005	0,0163	+ 5,2
3. Dreimühlbach vor der Mündung in den Stadtbach	0,2230	0,0751	0,0890	0,0855	0,0013	0,0005	0,0178	+ 5,2
4. Westermühlbach b. Haus Nr. 23 der Holzstrasse	0,2234	0,0761	0,0890	0,0855	0,0013	0,0005	0,0193	+ 5,2
5. Lazarethbach am Militärlazareth	0,2257	0,0763	0,0890	0,0855	0,0013	0,0005	0,0193	+ 5,2
6. Hammerschmidbach b. Nr. 1 d. Frauenstr.	0,2266	0,0754	0,0890	0,0855	0,0013	0,0005	0,0208	+ 5,2
7. Hacklmühlbach hinter der Regierung	0,2265	0,0788	0,0890	0,0855	0,0020	0,0005	0,0223	+ 5,3
8. Schwabingerbach v. dem Wasserfall	0,2264	0,0762	0,0890	0,0855	0,0013	0,0005	0,0193	+ 5,1
9. Schwabingerbach v. Einlauf des Sieles	0,2320	0,0826	0,0890	0,0855	0,0033	0,0005	0,0223	+ 5,2
10. Schwabingerbach ht. d. Sielmündung	0,2423	0,0856	0,1010	0,0832	0,0074	0,0006	0,0939	+ 5,4
11. Schwabingerbach an d. Biedersteinerbrücke	0,2366	0,0848	0,0890	0,0855	0,0040	0,0005	0,0653	+ 5,2
12. Schwabingerbach unterhalb der Freischen Fabrik	0,2360	0,0836	0,0890	0,0855	0,0040	0,0005	0,0452	+ 5,2
Mittelzahl	0,2285	0,0787	0,0900	0,0853	0,0025	0,000508	0,0315	
13. Auermühlbach bei Haus Nr. 15 am Mariahilfplatz	0,2290	0,0784	0,0890	0,0855	0,0020	0,0005	0,0298	+ 5,2
14. Auermühlbach vor seiner Mündung in die Isar	0,2328	0,0798	0,0890	0,0855	0,0020	0,0005	0,0377	+ 5,2

(5. November 1874.)

b) innere Bäche. Gramme pro Liter.

Namen der Bäche	Abdampf-rückstand	Lösungs-rückstand	Kalkgehalt	Kohlensäure	Chlorgehalt	Salpetersäure	Organische Substanz	Temperatur nach R.
1. Westl. Stadtgrabenbach am Anfang. Sendlingerthor	0,2280	0,0805	0,0855	0,0890	0,0017	0,0006	0,0278	5,2°
2. Westl. Stadtgrabenbach am Jungfernthurmbrunnhaus	0,2384	0,0854	0,0855	0,0950	0,0041	0,0006	0,0372	5,3
3. Hofbrunnwerkcanal am Ende. Galleriestrasse	0,2410	0,0838	0,0855	0,0950	0,0047	0,0076	0,0358	5,3
4. Palaisbach am Ende. Galleriestrasse	0,2422	0,0846	0,0855	0,0950	0,0068	0,0006	0,0387	5,2
5. Angerbach am Anfang. Oberanger	0,2318	0,0788	0,0855	0,0890	0,0017	0,0006	0,0251	5,2
6. Färbergrabenbach am Anfang	0,5536	0,2786	0,1244	0,1970	0,0575	0,0017	0,4815	7,4
7. Hofgrabenbach am Ende. Pfisterstr.	0,4682	0,1834	0,1050	0,0830	0,0196	0,0018	0,4963	7,1
8. Krankenhausbach am Ende. Utzschneiderstrasse	0,2376	0,0868	0,0855	0,0890	0,0034	0,0006	0,0402	5,3
9. Rosschwemmbach am Anfang. Victualienmarkt	0,2328	0,0814	0,0855	0,0890	0,0033	0,0006	0,0265	5,2
10. Köglmühlbach am Ende. Hofgartencaserne	0,2368	0,0838	0,0855	0,0890	0,0027	0,0008	0,0417	5,2
11. Kainzmühlbach am Ende. Löwenstall	0,2284	0,0802	0,0855	0,0890	0,0020	0,0006	0,0357	5,2
12. Eisbach vor dem Wasserfall im engl. Garten	0,2324	0,0840	0,0855	0,0890	0,0040	0,0008	0,0298	5,2

II. Isarwasser-Analyse.

(Die Proben wurden am 4. Jan. 1875 Nachm. zw. 1 u. 5 Uhr bei Thauwetter genommen.)

a) äussere Bäche. Gramme pro Liter.

Füllungsstellen	Rückstand	Lösungs-rückstand	Kohlensäure	Kalk	Chlor	Salpetersäure	Organische Substanz	Temperatur nach R.
1. Gr. Stadtbach beim Ausfluss aus d. Isar.	0,2204	0,0688	0,0820	0,0809	0,0014	0,0003	0,0344	+2,08°
2. Dreimühlbach beim Ausfluss aus d. Isar.	0,2200	0,0716	0,0820	0,0809	0,0014	0,0003	0,0344	+2,08
3. Dreimühlbach v. der Mündg. i. d. Stadtbach	0,2152	0,0692	0,0820	0,0809	0,0014	0,0003	0,0391	+2,08
4. Westermühlbach v. seiner Theilung in d. Glockenbach u. eig. Westermühlbach	0,2204	0,0750	0,0820	0,0809	0,0014	0,0003	0,0375	+2,08
5. Lazarethbach am Militärlazareth	0,2132	0,0630	0,0760	0,0771	0,0014	0,0003	0,0420	+2,08
6. Hammerschmidbach b. Nr. 1 d. Frauenstr.	0,2224	0,0776	0,0820	0,0809	0,0014	0,0003	0,0420	+2,05
7. Hacklmühlbach hinter der Regierung	0,2218	0,0732	0,0820	0,0809	0,0020	0,0003	0,0438	+2,05
8. Schwabingerbach v. dem Wasserfall	0,2218	0,0772	0,0820	0,0809	0,0014	0,0003	0,0375	+2,05
9. Schwabingerbach v. Einlauf des Sieles	0,2284	0,0820	0,0820	0,0809	0,0027	0,0003	0,0563	+2,05
10. Schwabingerbach hint. d. Sielmündung	0,2624	0,1060	0,0880	0,0731	0,0069	0,0003	0,1392	+2,2
11. Schwabingerb. an d. Biedersteinerbrücke	0,2426	0,0948	0,0880	0,0809	0,0034	0,0003	0,0612	+2,05
12. Schwabingerbach unterhalb der Frei-schen Fabrik	0,2428	0,0954	0,0880	0,0809	0,0034	0,0003	0,0640	+2,05
13. Schwabingerbach $^1/_4$ St. unterhalb der Frei'schen Fabrik	0,2388	0,0900	0,0880	0,0809	0,0034	0,0003	0,0612	+2,05
Mittelzahl	0,2284	0,0803	0,0832	0,0793	0,0024	0,0003	0,0532	—
14. Auermühlbach b. Hs. Nr. 15 am Mariahilfplatz	0,2276	0,0778	0,0820	0,0809	0,0020	0,0003	0,0370	+2,08
15. Auermühlbach kurz v. seiner Mündg. i. d. Isar	0,2296	0,0798	0,0820	0,0809	0,0020	0,0003	0,0384	+2,08

(4. Januar 1875.)

b) innere Bäche. Gramme pro Liter.

Namen der Bäche	Abdampf-rückstand	Lösungs-rückstand	Kalkgehalt	Kohlensäure	Chlorgehalt	Salpetersäure	Organische Substanz	Temperatur nach R.
1. Westl. Stadtgrabenbach am Anfang. Sendlingerthor	0,2264	0,0814	0,0809	0,0820	0,0021	0,0003	0,0438	2,0 °
2. Westl. Stadtgrabenbach am Jungfernthurmbrunnhaus	0,2334	0,0968	0,0771	0,0760	0,0041	0,0003	0,0798	2,1
3. Hofbrunnwerkcanal am Ende. Galleriestrasse	0,2474	0,1124	0,0771	0,0760	0,0061	0,0003	0,1173	2,5
4. Palaisbach am Ende. Galleriestrasse	0,2482	0,1144	0,0738	0,0820	0,0089	0,0003	0,1565	2,1
5. Angerbach am Anfang. Oberanger	0,2286	0,0844	0,0809	0,0820	0,0017	0,0003	0,0372	2,0
6. Färbergrabenbach am Anfang	0,5342	0,2998	0,0731	0,1390	0,0573	0,0003	0,5267	3,2
7. Hofgrabenbach am Ende. Pfisterstr.	0,5068	0,2902	0,0653	0,1540	0,0519	0,0003	0,4911	3,1
8. Krankenhausbach am Ende. Utzschneiderstrasse	0,2572	0,0938	0,0809	0,0850	0,0075	0,0003	0,1177	2,1
9. Rossschwemmbach am Victualienmarkt	0,2270	0,0820	0,0809	0,0820	0,0014	0,0003	0,0372	2,1
10. Köglmühlbach am Ende. Hofgartencaserne	0,2372	0,0904	0,0809	0,0820	0,0027	0,0003	0,0591	2,1
11. Kainzmühlbach am Ende. Löwenstall	0,2202	0,0696	0,0809	0,0820	0,0014	0,0003	0,0407	2,1
12. Eisbach vor dem Wasserfall im engl. Garten	0,2346	0,0888	0,0809	0,0820	0,0024	0,0003	0,0595	2,1

III. Untersuchung bei Hochwasser.

(14. Mai 1875.)

Temperatur des Wassers 10,8° R.

a) äussere Bäche. Gramme pro Liter.

Füllungsstellen	Rückstand	Lösungs-rückstand	Kohlensäure	Kalk	Chlor	Salpetersäure	Organische Substanz
1. Grosser Stadtbach beim Ausfluss aus der Isar	0,1826	0,0803	0,0560	0,0677	0,0011	0,0004	0,0335
2. Dreimühlbach beim Ausfluss aus der Isar	0,1830	0,0813	0,0560	0,0677	0,0011	0,0004	0,0349
3. Dreimühlbach vor der Mündung in den grossen Stadtbach	0,1836	0,0830	0,0560	0,0677	0,0011	0,0004	0,0363
4. Lazarethbach am Militärlazareth	0,1833	0,0780	0,0560	0,0677	0,0011	0,0004	0,0373
5. Hammerschmiedbach am Isarthor	0,1836	0,0806	0,0560	0,0677	0,0014	0,0004	0,0433
6. Hacklmühlbach hinter der Regierung	0,1806	0,0730	0,0560	0,0677	0,0014	0,0004	0,0470
7. Schwabingerbach vor dem Wasserfall	0,1813	0,0828	0,0560	0,0677	0,0011	0,0004	0,0419
8. Eisbach hinter dem Wasserfall	0,1890	0,0840	0,0560	0,0677	0,0014	0,0004	0,0433
9. Schwabingerbach vor dem Siel	0,1850	0,0796	0,0620	0,0677	0,0021	0,0004	0,0433
10. Schwabingerbach hinter dem Siel	0,2043	0,0854	0,0680	0,0600	0,0056	0,0004	0,0601
11. Schwabingerbach an der Brücke nach Biederstein	0,1968	0,0866	0,0620	0,0677	0,0021	0,0004	0,0503
12. Schwabingerbach unterhalb der Frei'schen Fabrik	0,1970	0,0860	0,0620	0,0677	0,0021	0,0004	0,0489
13. Westermühlbach vor seiner Theilung in d. Glockenbach und eigentlichen Westermühlbach	0,1806	0,0800	0,0620	0,0677	0,0011	0,0004	0,0349
14. Auermühlbach am Mariahilfplatz	0,1860	0,0796	0,0560	0,0677	0,0014	0,0004	0,0405
15. Auermühlbach v. d. Mündung in die Isar (Gasteig)	0,2133	0,0840	0,0620	0,0677	0,0014	0,0004	0,0447

(14. Mai 1875.)

b) innere Bäche. Gramme pro Liter.

Namen der Bäche	Abdampf-rückstand	Lösungs-rückstand	Kalkgehalt	Kohlensäure	Chlorgehalt	Salpetersäure	Organische Substanz	Temperatur nach R.
1. Westl. Stadtgrabenbach am Anfang. Sendlingerthor	0,1923	0,0730	0,0677	0,0560	0,0014	0,0004	0,0257	10,8°
2. Westl. Stadtgrabenbach am Jungfernthurmbrunnhaus	0,2190	0,0904	0,0677	0,0560	0,0042	0,0004	0,0377	10,6
3. Hofbrunnwerkcanal am Ende. Galleriestrasse	0,2044	0,0824	0,0677	0,0560	0,0063	0,0004	0,0446	10,4
4. Palaisbach am Ende. Galleriestrasse	0,2251	0,0876	0,0677	0,0560	0,0091	0,0004	0,0755	10,4
5. Angerbach am Anfang. Oberanger	0,1910	0,0723	0,0677	0,0560	0,0028	0,0004	0,0311	10,5
6. Färbergrabenbach am Anfang	0,6472	0,3044	0,1213	0,2240	0,0738	0,0006	0,4053	9,2
7. Hofgrabenbach am Ende. Pfisterstr.	0,8435	0,4114	0,1175	0,2000	0,0815	0,0019	0,4983	10,2
8. Krankenhausbach am Ende. Utzschneiderstrasse	0,6346	0,3650	0,0907	0,2060	0,1082	0,0004	0,6015	10,0
9. Rossschwemmbach am Victualienmarkt	0,1870	0,0796	0,0677	0,0560	0,0011	0,0004	0,0326	10,4
10. Köglmühlbach am Ende. Hofgartencaserne	0,1883	0,0816	0,0677	0,0680	0,0021	0,0004	0,0343	10,1
11. Kainzmühlbach am Ende. Löwenstall	0,1782	0,0740	0,0677	0,0560	0,0014	0,0004	0,0344	10,0
12. Canalbach am Ende. Alte Pferdstr.	0,2276	0,0874	0,0677	0,0560	0,0056	0,0004	0,0435	10,0
13. Eisbach vor dem Wasserfall im engl. Garten	0,1953	0,0844	0,0677	0,0560	0,0021	0,0004	0,0379	10,0

IV. Untersuchung nach vorausgehendem starken Regen.

(13. Juli 1875.)

Temperatur des Wassers 11,0° R.

a) äussere Bäche. Gramme pro Liter.

Füllungsstellen	Rückstand	Lösungs-rückstand	Kohlensäure	Kalk	Chlor	Salpetersäure	Organische Substanz
1. Grosser Stadtbach beim Ausfluss aus der Isar	0,1835	0,0588	0,0750	0,0662	0,0010	0,0004	0,0552
2. Dreimühlbach beim Ausfluss aus der Isar	0,1824	0,0550	0,0750	0,0662	0,0010	0,0004	0,0552
3. Dreimühlbach vor der Mündung in d. grossen Stadtbach	0,1836	0,0540	0,0750	0,0662	0,0010	0,0004	0,0552
4. Lazarethbach am Militärlazareth	0,1830	0,0560	0,0750	0,0662	0,0010	0,0004	0,0567
5. Hammerschmiedbach am Isarthor	0,1880	0,0630	0,0750	0,0662	0,0010	0,0004	0,0583
6. Hacklmühlbach hinter der Regierung	0,1923	0,0640	0,0750	0,0662	0,0[illegible]14	0,0004	0,0724
7. Schwabingerbach vor dem Wasserfall	0,1853	0,0573	0,0750	0,0662	0,0021	0,0004	0,0552
8. Eisbach hinter dem Wasserfall	0,1890	0,0520	0,0750	0,0662	0,0014	0,0004	0,0583
9. Schwabingerbach vor dem Siel	0,1900	0,0560	0,0720	0,0662	0,0021	0,0004	0,0611
10. Schwabingerbach hinter d. Siel	0,2053	0,0580	0,0840	0,0712	0,0041	0,0004	0,0705
11. Schwabingerbach an der Brücke nach Biederstein	0,1966	0,0664	0,0780	0,0662	0,0027	0,0004	0,0645
12. Schwabingerbach unterhalb der Frei'schen Fabrik	0,1916	0,0600	0,0780	0,0662	0,0027	0,0004	0,0645
13. Westermühlbach vor seiner Theilung in den Glockenbach u. eigentlichen Westermühlbach	0,1828	0,0546	0,0750	0,0662	0,0010	0,0004	0,0567
14. Auermühlbach am Mariahilfplatz	0,1836	0,0540	0,0750	0,0662	0,0014	0,0004	0,0629
15. Auermühlbach vor der Mündung in die Isar (Gasteig)	0,1880	0,0509	0,0750	0,0662	0,0017	0,0004	0,0629

(13. Juli 1875.)

b) innere Bäche. Gramme pro Liter.

Namen der Bäche	Abdampf-rückstand	Lösungs-rückstand	Kalkgehalt	Kohlensäure	Chlorgehalt	Salpetersäure	Organische Substanz	Temperatur nach R.
1. Westl. Stadtgrabenbach am Anfang. Sendlingerthor	0,1887	0,0550	0,0662	0,0750	0,0013	0,0004	0,0606	11,0°
2. Westl. Stadtgrabenbach am Jungfernthurmbrunnhaus	0,1944	0,0702	0,0662	0,0750	0,0041	0,0004	0,0686	11,0
3. Hofbrunnwerkcanal am Ende. Galleriestrasse	0,2016	0,0697	0,0662	0,0750	0,0048	0,0004	0,0741	11,0
4. Palaisbach am Ende. Galleriestrasse	0,2080	0,0794	0,0662	0,0750	0,0075	0,0004	0,0734	11,0
5. Angerbach am Anfang. Oberanger	0,1932	0,0623	0,0662	0,0750	0,0013	0,0004	0,0590	11,0
6. Hofgrabenbach am Ende. Pfisterstr.	0,6517	0,3132	0,1160	0,2520	0,0834	0,0004	0,5481	11,1
7. Krankenhausbach am Ende. Utzschneiderstrasse	0,2454	0,0990	0,0662	0,0840	0,0158	0,0004	0,0805	11,1
8. Rossschwemmbach am Victualienmarkt	0,1830	0,0544	0,0662	0,0750	0,0013	0,0004	0,0548	11,1
9. Köglmühlbach am Ende. Hofgartencaserne	0,1866	0,0636	0,0662	0,0720	0,0027	0,0004	0,0725	11,1
10. Kainzmühlbach am Ende. Löwenstall	0,1876	0,0610	0,0662	0,0750	0,0013	0,0004	0,0532	11,1
11. Canalbach am Ende. Alte Pferdstr.	0,2270	0,0870	0,0662	0,0780	0,0082	0,0004	0,0835	11,1
12. Eisbach vor dem Wasserfall im engl. Garten	0,1923	0,0656	0,0662	0,0720	0,0017	0,0004	0,0580	11,0

V. Isarwasser-Analyse.

(Das Wasser wurde am 9. Februar 1875 geschöpft.)

Eisgang.

Füllungsstellen	Rückstand	Chlor	Salpetersäure	Organ. Substanz
Stadtbach beim Ausfluss aus der Isar	0,2125	0,0014	0,0006	0,0313
Schwabingerbach nach Einmündung der „schwarzen Lacke"	0,2325	0,0027	0,0006	0,0491
Schwabingerbach vor der Mündung in die Isar	0,2335	0,0027	0,0006	0,0506
Isar 300^m unterhalb der Mündung des Schwabingerbaches	0,2185	0,0014	0,0006	0,0342

VI. Isarwasser-Analyse.

(Das Wasser wurde am 28. Februar 1875 geschöpft.)

Füllungsstellen	Rückstand	Lösungsrückstand	Suspendirte Stoffe	Kohlensäure	Kalk	Chlor	Salpetersäure	Organ. Substanz	Temperatur n. R.
Stadtbach beim Ausfluss aus d. Isar	0,2283	0,0820	0,0011	0,0880	0,0771	0,0014	0,0005	0,0342	+ 1,4°
Schwabingerbach nach Einmündung der „schwarzen Lacke"	0,2400	0,0890	0,0079	0,0820	0,0731	0,0034	0,0005	0,0611	+ 1,5
Schwabingerbach kurz vor d. Mündung in die Isar	0,2450	0,0915	0,0070	0,0880	0,0771	0,0034	0,0005	0,0655	+ 1,5
Isar 300^m unterhalb d. Schwabingerbaches	0,2365	0,0860	0,0048	0,0880	0,0771	0,0014	0,0005	0,0357	+ 1,4

VII. Isarwasser-Analyse.

(Das Wasser wurde am 13. März Morgens zwischen 2 u. 3 Uhr geschöpft.)

Füllungsstellen	Zeit	Rückstand	Kohlensäure	Kalk	Chlor	Salpetersäure	Organ. Substanz
Stadtbach beim Ausfluss aus der Isar		0,2052	0,0800	0,0653	0,0014	0,0005	0,0325
Schwabingerbach vor Einmündung des Sieles	2½ Uhr Morgs.	0,2118	0,0800	0,0653	0,0021	0,0005	0,0387
Schwabingerbach, Brücke nach Biederstein	3 Uhr Morgs.	0,2148	0,0800	0,0653	0,0034	0,0005	0,0604

VIII. Resultate der I. Untersuchung der Isar von Tölz bis Plattling nach vorausgehender Trockenheit.

(21. Februar 1875.) Gramme pro Liter.

Bezeichnung der Schöpfstellen	Abdampfrückstand	Lösungsrückstand	Kalkgehalt	Kohlensäure	Chlorgehalt	Salpetersäure	Organische Substanz	Suspendirte Theile	Temperatur nach R.
1. Isar (Tölz)	0,2100	0,0690	0,0731	0,0820	0,0014	0,0005	0,0104	0,0016	+ 2,5°
2. Isar (Wolfratshausen)	0,2145	0,0645	0,0731	0,0820	0,0014	0,0005	0,0134	0,0013	+ 2,5
3. Loisach (Wolfratshausen)	0,2785	0,1040	0,0966	0,0880	0,0014	0,0005	0,0298	0,0113	+ 1,5
4 Isar oberh. München	0,2195	0,0745	0,0809	0,0820	0,0014	0,0005	0,0194	0,0027	—
5. Isar bei Garching (nach Mündung d. Stadtbäche)	0,2220	0,0760	0,0809	0,0820	0,0014	0,0005	0,0253	0,0044	+ 1,4
6. Isar vor Einmündung d Amper	0,2400	0,0935	0,0809	0,0820	0,0014	0,0005	0,0522	0,0048	+ 1,4
7. Isar nach Einmündung der Amper (Volkmannsdorf)	0,2355	0,0840	0,0731	0,0760	0,0014	0,0005	0,0506	0,0093	+ 1,4
8. Isar unterh. Landshut	0,2458	0,0694	0,0809	0,0820	0,0014	0,0005	0,0327	0,0080	+ 1,5
9. Isar b. Plattling	0,2486	0,0744	0,0809	0,0940	0,0017	0,0005	0,0313	0,0086	?
10. Amper bei Fürstenfeld-Bruck	0,2028	?	0,0652	0,0520	0,0014	0,0005	0,0374	0,0098	+ 1,2
11. Amper vor Einmündung in die Isar (Isareck)	0,2180	?	0,0613	0,0520	0,0014	0,0005	0,0506	0,0179	+ 1,1
12. Donau (Deggendorf)	0,2470	0,0785	0,0849	0,0760	0,0215	0,0023	0,0403	0,0011	1,0

IX. Resultate der II. Untersuchung der Isar von Tölz bis Plattling bei Hochwasser.

(9. April 1875.)

Gramme pro Liter.

Bezeichnung der Schöpfstellen	Abdampf-rückstand	Lösungs-Rückstand	Kalkgehalt	Kohlensäure	Chlorgehalt	Salpetersäure	Organische Substanz	Suspendirte Theile	Temperatur nach R.
1. Isar (Tölz)	0,1953	0,0693	0,0677	0,0620	0,0007	0,0001	0,0221	0,0099	—
2. Isar (Wolfratshausen)	0,1883	0,0670	0,0677	0,0620	0,0007	0,0001	0,0236	0,0041	+ 6,9°
3. Loisach (Wolfratshausen)	0,2190	0,0723	0,0773	0,0740	0,0011	0,0001	0,0413	0,0201	+ 6,7
4. Isar oberh. München	0,2103	0,0716	0,0696	0,0590	0,0011	0,0001	0,0265	0,0280	—
5. Mühlbach v. d. Mündung in die Isar	0,2230	0,0630	0,0677	0,0740	0,0020	0,0001	0,0885	0,0390	+ 5,3
6. Isar unterh. d. Mündung der Stadtbäche (bei Garching)	0,2010	0,0670	0,0715	0,0740	0,0013	0,0001	0,0398	0,0382	+ 5,0
7. Isar kurz v. Einmündung der Amper	0,2170	0,0680	0,0715	0,0920	0,0013	0,0001	0,0516	0,0380	+ 6,9
8. Isar nach Einmündung der Amper	0,2280	0,0750	0,0715	0,0920	0,0013	0,0001	0,0546	0,0350	+ 7,3
9. Isar unterh. Landshut	0,2200	0,0610	0,0754	0,0860	0,0013	0,0001	0,0546	0,0370	+ 7,4
10. Isar b. Plattling	0,2250	0,0600	0,0826	0,0560	0,0020	0,0001	0,0589	0,0210	?
11. Amper bei Isareck	0,2280	0,0700	0,0754	0,0020	0,0020	0,0001	0,0634	0,0100	+ 7,2
12. Donau (Deggendorf)	0,1910	0,0625	0,0200	0,0042	0,0003	0,0003	0,0457	0,0210	—
13. Donau (Ingolstadt 29 III. 75.	0,2555	0,0825	0,0830	0,0560	0,0035	0,0004	0,0531	0,0231	—

X. Resultate der Untersuchung der Stadtbäche ober- und unterhalb Münchens.

(15. Juni 1875.)

Bezeichnung der Schöpfstellen	Abdampfrückstand	Lösungsrückstand	Kalkgehalt	Kohlensäure	Chlorgehalt	Salpetersäure	Organische Substanz	Suspendirte Theile	Temperatur nach R.
1. Gross. Stadtbach	0,2040	0,0830	0,0600	0,0640	0,0021	0,0004	0,0520	?	14,8°
2. Eisbach vor d. Wasserfall im engl. Garten	0,2130	0,0836	0,0600	0,0640	0,0021	0,0004	0,0555	0,0433	14,8
3. Schwabingerbach vor dem Wasserfall im engl. Garten	0,2070	0,0830	0,0600	0,0640	0,0028	0,0004	0,0341	0,0336	14,8
4. Schwabingerbach vor der Brücke nach Biederstein	0,2097	0,0814	0,0600	0,0640	0,0035	0,0004	0,0583	0,0534	14,8

XI.

(28. Juli 1875.)

Bezeichnung der Schöpfstellen	Abdampfrückstand	Lösungsrückstand	Kalkgehalt	Kohlensäure	Chlorgehalt	Salpetersäure	Organische Substanz	Suspendirte Theile	Temperatur nach R.
1. Gross. Stadtbach oberh. München	0,1900	0,0606	(?) 0,1502	0,0810	0,0006	0,0005	0,0322	—	13,2
2. Auermühlbach (Gasteig)	0,1910	0,0603	0,1502	0,0810	0,0010	0,0005	0,0516	—	13,2
3. Eisbach vor d. Wasserfall im engl. Garten	0,2010	0,0720	0,1502	0,0810	0,0014	0,0005	0,0842	—	13,2
4. Schwabingerbach vor dem Wasserfall im engl. Garten	0,1995	0,0678	0,1502	0,0810	0,0007	0,0005	0,0725	—	13,2
5. Schwabingerbach vor der Brücke nach Biederstein	0,1940	0,0713	0,1502	0,0810	0,0020	0,0005	0,0902	—	13,2

V. Veränderungen des Isarwassers zwischen den einzelnen Füllungsstellen.

Betrachten wir zunächst im Allgemeinen die Ergebnisse, welche durch die Analyse der an den acht ersten Füllungsstellen genommenen Wasserproben erhalten wurden, so ergiebt sich, dass die Beschaffenheit des Wassers der hier in Betracht kommenden 14 äusseren Bäche bezüglich der in Lösung befindlichen Stoffe in kaum nennenswerther Weise verändert wurde. Nur die geringe Zunahme der organischen Stoffe, die im Hacklmühlbach 6^{mg} beträgt, sowie die Vermehrung des Chlors in diesem Bache um $0{,}7^{mg}$ deuten darauf hin, dass das Wasser in etwas durch die Anwohner beeinflusst wurde. Auch die Rückstandmenge zeigt eine geringe Elevation, die mit der Zunahme der organischen Stoffe genau correspondirt. Das Wasser dieses Baches hat gleichwohl eine Strecke von $621{,}95^{m}$ durch bewohntes Terrain zurückgelegt, wozu bei einer durchschnittlichen Geschwindigkeit von $+ 0{,}881^{m}$, wie sie für die äusseren Bäche berechnet wurde, eine Zeit von 11 Minuten und 46 Secunden nöthig war.

Die Wassermasse, wie sie im Hacklmühlbach hinter dem Regierungsgebäude in der Maximiliansstrasse fliesst, giebt für das Auge keine sehr merkbare Veränderung gegenüber dem Isarwasser oberhalb der Stadt zu erkennen. Nur zu gewissen Zeiten zeigt sich zufällig eine temporäre augenscheinliche Verunreinigung. Wir sahen z. B. an einem Tage die Wasseroberfläche des Hacklmühlbaches an genannter Stelle in ihrer ganzen Breite schwärzlich gefärbt, wahrscheinlich durch das Abwasser einer Färberei; aber eine kurze Strecke weiter unterhalb war in Folge der Mischung dieser obersten verunreinigten Wasserschicht mit der Gesammtwassermasse, die sich im jeweiligen Querschnitt bewegt, nichts mehr zu bemerken.

Aehnliches kann man öfters beobachten. Blut aus den Privatschlachthäusern färbt hie und da die Wasseroberfläche eines Baches gelblichroth; bisweilen ist dieselbe von suspendirten Koththeilchen übersäet, die vom Auswaschen des Verdauungscanals der geschlachteten Thiere herrühren. Man kann jedoch schon mit dem Auge erkennen, dass Abfälle, welche in diese Bäche gelangen, sofort durch innige Mischung in dem rasch strömenden, durch die Wasserräder der Fabriken und Mühlen stark bewegten Wasser, durch Verdünnung

verschwinden und für Gesicht und Geruch vollständig unmerklich werden. Auch in der Farbe des Rückstandes, sowie in der des Lösungsrückstandes der ersten acht Wasserproben war keine Veränderung bemerkbar, so dass man schon aus diesem Befunde auf eine nicht wesentliche Vermehrung der organischen Stoffe schliessen durfte. Die Farbe des Rückstandes dieser Proben war in den oberen $^2/_3$ der Abdampfschale rein weiss, im unteren Drittel schwach gelblich gefärbt, was davon herrührt, dass sich während des Abdampfens im oberen Theil der Schale fast nur kohlensaurer Kalk absetzt, während die organischen Stoffe auch in dem sehr concentrirten Theile des Wassers noch gelöst bleiben. Ein Geruch war während des Abdampfens nicht wahrnehmbar. Wittstein[1]) will beim Eindampfen des Isarwassers einen „benzoëartigen" Geruch beobachtet haben.

Die Lösung des Rückstandes in destillirtem Wasser war nicht gefärbt. An dem oberen Theile der Schale war der Lösungsrückstand weiss, fest an der Schale adhärent, im unteren Drittel gelb und in ungleich dicken Ringen der Schale anliegend.

In weit höherem Grade werden einzelne kleine Bäche der inneren Stadt verunreinigt, während die grösseren derselben sich nahezu wie die äusseren verhalten. Der westliche Stadtgrabenbach mit seinen Nebenzweigen, dem Palaisbach und Hofbrunnwerkcanal, nimmt im Verhältniss zu seiner Wassermasse eine weit grössere Menge von Abfällen auf als die äusseren Bäche, und dem entsprechend ist auch die Verunreinigung des Wassers eine bedeutendere. Die Rückstandmenge zeigt sich um etwa 17^{mg}, der Chlorgehalt um 2,3^{mg} vermehrt, während der Gehalt an Kalk unverändert bleibt.

Die zweite Gruppe der inneren Bäche wird gebildet vom Angerbach und seiner theilweisen Fortsetzung, dem Färbergrabenbach mit dem Hofgrabenbach.

Bei seinem Anfang zeigt der Angerbach fast denselben Gehalt an gelösten Stoffen wie der westliche Stadtgrabenbach bei seinem Beginn. Der Anfang des Färbergrabenbaches weist aber schon den

1) Vierteljahrschrift für prakt. Chemie Bd. X S. 359.

äussersten Grad der Verunreinigung auf, so dass er den Vergleich mit einem Canalwasser sehr wohl aushält.

Münchener Canalwasser . .	0,5410^{g}	Rückstandmenge.
Färbergraben	0,5536	„
Hofgraben	0,4682	„

Freilich muss es damals anders gewesen sein, als der Färbergrabenbach die Grenze der Stadt bildete und Färber und sonstige Gewerbtreibende, die frisches Wasser zu ihren Arbeiten nöthig hatten, an ihm ihre Thätigkeit ausübten. Als aber später zu seinen beiden Seiten grosse Wohnhäuser in dichtgedrängter Reihe erbaut wurden, benützten ihn deren Bewohner als allgemeine Schmutzgrube für alle erdenklichen Abfälle. So konnte es nicht ausbleiben, dass seine Sohle immer mehr erhöht, sein Gefälle vermindert und sein flüssiger Inhalt — man kann ihn nicht mehr Wasser nennen — zum Stagniren gebracht wurde. Aehnlich verhielt sich in seinem ganzen Laufe auch der Hofgraben; die schwimmenden Theile bildeten an der Oberfläche eine fest verfilzte Decke von 2 bis 5^{cm}, unter welcher nur ein ganz geringer Abzug stattfand, und der Boden war mit einer 1 bis 2 Fuss mächtigen Schlammmasse bedeckt. Diese Missstände wurden neuerdings durch Herstellung eines stärkeren Gefälles und einer guten Betonsohle beseitigt; gleichzeitig wurde die directe Verbindung mit dem Angerbach wieder bewerkstelligt, so dass jetzt ein Strom reineren Wassers den in einen eiförmigen Canal verwandelten Färber- und Hofgrabenbach durchzieht. Die Analyse dieses Wassers wird daher heute wegen steter Abschwemmung der Fäcalien und des Abwassers viel niedrigere Zahlen ergeben.

Der Rossschemmbach, entstanden aus dem Zusammenflusse des Anger-, Lazareth- und Krankenhausbaches, geht in den Pfister- und Köglmühlbach über. Er führt etwa die Wassermasse des Hacklmühlbaches und wird wie dieser nur in geringer Weise verunreinigt; denn in der Probe, welche am Victualienmarkt genommen wurde, fand man eine Zunahme der Rückstandmenge von nur 4^{mg}. In seinem weiteren Verlaufe nimmt er den sehr stark verunreinigten Hofgrabenbach und das Wasser des westlichen Stadtgraben-

baches auf; allein diese in höherem Grade verunreinigten Zuflüsse sind nicht im Stande, das Wasser dieses weit mächtigeren Baches wesentlich zu verändern.

Der Kainzmühlbach, aus der äusseren Stadt kommend, betheiligt sich auch noch an der Durchspülung der inneren Stadt, indem er das Thal kreuzend an der einstmaligen Ostgrenze der Stadt hinzieht und sich mit dem Köglmühlbach vereinigt. Er führt eine ansehnliche Wassermasse und hat die grosse Geschwindigkeit von 1,371^{m} pr. Sec. Daraus ist erklärlich, dass, obgleich er mancherlei unreine Zuflüsse aufnimmt, die Rückstandmenge nur um 0,8^{mg}, der Chlorgehalt nur um 0,3^{mg} zugenommen hat.

Das Wasser des Auermühlbaches erleidet auf seinem Laufe durch die Vorstädte Giesing und Au etwas beträchtlichere Veränderungen als die bis jetzt besprochenen äusseren Bäche.

Die chemische Beschaffenheit des Wassers im grossen Stadtbach lässt sich ohne Bedenken für den Anfang des Auermühlbaches substituiren.

Schon am Mariahilfplatz, nachdem das Wasser die Vorstadt Giesing passirt hat, kommt die Zunahme der einzelnen in Lösung befindlichen Stoffe jener gleich, welche das Wasser der Bäche auf dem linken Isarufer während seines Laufes durch die Stadt erlitten hat. Hier hatte sich nach einer grösseren Anzahl von Analysen die Rückstandmenge um 5,7, das Chlor um 1,0 und die organischen Substanzen um 8,0^{mg} vermehrt, während für den Auermühlbach am Mariahilfplatz als Durchschnitt von 5 Analysen folgende Zahlen treffen:

Milligramme im Liter:

Rückstand	Chlor	Organ. Stoffe
4,5	0,5	7,9

Vom Mariahilfplatz bis zur Einmündung des Baches in die Isar, also während seines ferneren Laufes durch die Vorstadt Au, beträgt die Vermehrung der Rückstandmenge 6,7, des Chlors 0 und der organischen Substanz 4,6^{mg}, so dass sich als Gesammtveränderung des Wassers dieses Baches folgende Zahlen ergeben:

Milligramme im Liter:

Rückstand	Chlor	Organ. Stoffe
11,2	0,5	12,5

Diese Vermehrung einzelner gelösten Stoffe wird zum grossen Theil durch Fabriken (Lederfabrik, Gerbereien etc.), welche sich in grösserer Zahl am Bache befinden und ihr Abwasser in denselben einleiten, hervorgebracht. Ausserdem nimmt der Auermühlbach eine beträchtliche Menge menschlicher Abfälle auf, da sich die Strassen der Vorstädte Au und Giesing, deren Häuser durch die ärmere Volksclasse dicht bewohnt sind, unmittelbar an seinen Ufern hinziehen.

VI. Zustand des Isarwassers nach dem Durchflusse durch die Stadt.

Die nach dem Durchflusse durch die Stadt an deren Nordgrenze im Eisbache einerseits und im Schwabingerbache andererseits wiederum vereinigte Wassermasse der inneren und äusseren Bäche zeigt eine nur äusserst geringe Veränderung gegenüber dem Isarwasser, welches die Stadt noch nicht berührt hat.

Die Gesammtwassermasse der inneren Bäche, wie sie im Eisbache vor dem Wasserfall im englischen Garten fliesst, hat nur bei trockenem Wetter und niederem Wasserstande eine etwas veränderte Farbe; dieselbe ist dann grün bis schmutziggrün, bedingt durch die augenscheinlich vermehrten suspendirten Stoffe. Trotzdem ist auch in diesem Wasser die Summe der gelösten Stoffe nicht beträchtlich grösser.

Das Wasser der äusseren Bäche hat im englischen Garten vor seiner theilweisen Mischung mit dem Wasser der inneren Bäche, bei trockenem Wetter, eine schön lichtgrüne Farbe, wie das reine Isarwasser.

Als Mittel von 6 Analysen erhielten wir für die Veränderung, welche das Wasser der inneren und äusseren Bäche bis zum Wasserfalle erleidet, folgende Zahlen:

Milligramme im Liter.

Zunahme für die inneren Bäche (Eisbach)			Zunahme für die äusseren Bäche (Schwabingerbach)		
Rückstand	Chlor	Organ. Substanz	Rückstand	Chlor	Organ. Substanz
9,5	1,0	9,5	3,0	0,3	2,1

Von der hochgradigen Verunreinigung, welche in zwei der inneren Bäche vorhanden war, ist also in der Wassermasse des Eisbaches nichts mehr zu bemerken, obgleich er das Wasser jener Bäche aufgenommen hat. Am meisten trägt zu diesem günstigen Resultat der Kainzmühlbach [1]) bei, dessen Wassermasse eine bedeutende Verdünnung hervorbringt. Die unbedeutende Verunreinigung, welche im Hacklmühlbach constatirt werden konnte, verschwindet, nachdem sich derselbe mit der Wassermasse der äusseren Bäche zum Schwabingerbach vereinigt hat, fast vollkommen.

Aus dem Vergleiche der Adjacenten mit der Wassermasse (s. umstehende Tabelle) geht hervor, dass eine durch chemische Analyse nachweisbare Verunreinigung der äusseren Bäche durch die Excremente der ersteren nicht stattfinden kann. Da wo dennoch eine Vermehrung einzelner Stoffe gefunden wird, handelt es sich also entweder um eine zufällig vor der Schöpfstelle eingetretene Verunreinigung, die durch die mögliche Verdünnung noch nicht beseitigt war, oder um eine solche, die durch andere Abfallstoffe hervorgebracht wurde.

Aehnlich wie der Eisbach verhält sich auch das Wasser des Schwabingerbaches, nachem es den Wasserfall passirt hat. Am Wasserfall tritt, da sich der Schwabingerbach mit dem Eisbache rechtwinklig vereinigt, eine theilweise Mischung des Wassers der äusseren und inneren Bäche ein, wobei jedoch eine bei weitem grössere Wasserquantität von den inneren Bächen herrührt, was sich bei trockenem Wetter schon aus der Farbe des Wassers im Schwabingerbach unterhalb des Wasserfalles erkennen lässt. Andererseits geht aus der Analyse hervor, dass eine Verdünnung, hervorgebracht durch die Mischung eines Theiles des nicht verunreinigten Wassers der äusseren Bäche mit der Wassermasse der mehr influirten inneren Bäche, eingetreten ist. Käme am Wasserfall eine vollständige Mischung der ganzen Wassermasse der äusseren Bäche mit jener der inneren zu Stande, dann würden die Differenzen zwischen dem Wasser des Schwabingerbaches und dem reinen Isarwasser noch weit geringer sein.

---

1) Das Wasser dieses Baches haben wir im Operationscurs für Militärärzte auf Veranlassung des Herrn Stabsarztes Dr. Port täglich auf seinen Gehalt an Chlor untersucht und nie eine grössere Menge als 2,0 mg gefunden.

Adjacenten und Quantität der zwischen den einzelnen Füllungsstellen in Chlors aus denselben, verglichen mit der durch die

Füllungsstellen	Fabriken und Gewerbe	Abtritte und Abwassercanäle u. dgl.	Zahl der bewohnten Gebäude	Zahl der Haushaltungen	Zahl der Bewohner
Zwischen II u. III	1 Papierfabrik, 1 Mahl-, Säg-, Kunst- und Gerstenmühle	7 Abtritte, 10 Abwasserablaufrinnen, 7 Waschbänke	9	25	124
Zwischen I u. V	1 Mahl-, Säg- und Gypsmühle, 2 Fournier-Sägwerkstätten, 1 Mahl- und Sägmühle, 1 Schneidsägwerkstätte, 1 Gewürzstampfe, 1 Schneid- und Kreissägwerkstätte; 1 Gerberei, 1 Maschinenfabrik, mit je 1 Werkstättausgussrinne	6 Schlachthausausgussrinnen (Privat-Schlachthäuser), 1 öffentliches Schwimmbad, 48 Abtritte, 36 Waschbänke, 97 Abwasserablaufrinnen	51	188	1010
Zwischen I u. IV	1 Papierfabrik, 1 Mahl-, Kunst- und Gerstenmühle, 1 Gyps- und Cementmühle, 1 Cement-, Farb- und Gewürzmühle, 1 Farbmühle	13 Abtritte, 10 Waschbänke, 18 Abwasserablaufrinnen	18	86	207
I u. VI	Wie zwischen den beiden vorigen Füllungsstellen. Ausserdem: 1 Gypsmühle, 1 Farbmühle, 1 Goldleistenfabrik, 4 Sägmühlen, 1 Stampf-, Loh- und Stärkemühle, 1 mechan. Werkstätte, 1 Pulvermühle, 1 Chocoladefabrik, 2 Gerbereien, 2 Mahl-, Gerste- und Sägmühlen, 1 Pelzwaschwerkstätte, 1 Schleiferei	84 Abtritte, 55 Waschbänke, 92 Abwasserablaufrinnen, 8 Stall-Ausgussrinnen, 3 Schlachthaus-Ablaufrinnen, 3 Badehütten, 3 Canalmündungen aus der Klenzestrasse und dem Gärtnerplatz	107	698	3125
Zwischen VI u. VII	1 Hammerschmiede, 1 Weissgerberei, 1 Wattfabrik, 1 Metzgerei, 1 Lederfabrik mit 8 Ablaufcanälen von der Werkstätte	29 Abtritte, 13 Küchenablaufröhren, 37 Abwasserablaufrinnen, 13 Waschbänke, 3 Badeinschnitte	14	137	645
Zwischen VII u. VIII	1 Schleifmühle, 1 Walk- und Spinnerei, 1 Lederfabrik, 1 Mühle, 1 Schönfärberei, 1 Mahl- und Sägmühle, 1 Hutfabrik, 1 Steinsäg-, Glasur- und Stampfmühle	56 Abtritte, 30 Waschbänke, 5 Stallausgüsse, 76 Abwasserablaufrinnen	101	256	1407
Gesammtsumme	49 Fabriken und Gewerbe	169 Abtritte, 234 Abwasserablaufrinnen, 3 Canaleinmündungen	222	1091	5147

die Bäche gelangenden Excremente, Menge der festen Stoffe und des Analyse gefundenen Zunahme für die äusseren Bäche.

Excrementenmenge derselben, Kilogramme		Feste Stoffe in dieser Koth- und Harnmenge	Chlor in dieser Harnmenge	Wassermasse im Bache	Trifft auf 1 Liter Bachwasser Milligramme		Die durch die Analyse vom 14. Mai 1875 gefundene Zunahme	
Faeces	Urin				feste Stoffe	Chlor	der festen Stoffe	des Chlors
		Gramme	Gramme	Sec.-cbm	aus diesen Excrementen		Milligramme	
16,2	155,5	12152	1240	9,571	0,016	0,0017	0,6	0,0
132,3	1266,5	98980	10100	12,927	0,088	0,0090	0,3	0,0
27,1	259,6	20286	2070	15,810	0,015	0,0015	0,0	0,0
409,3	3918,7	306250	31250	14,294	0,250	0,0250	0,6	0,3
84,5	808,8	63210	6450	8,552	0,086	0,0085	0,0	0,0
184,3	1764,4	137886	14070	19,291	0,083	0,0084	0,7	0,0
674,2	6454,3	504406	51470	19,291	0,300	0,0300	0,0	0,0

Als Durchschnittszahl von 5 Analysen ergaben sich folgende Unterschiede für den Schwabingerbach vor Einmündung des Sieles, gegenüber dem Isarwasser, welches im grossen Stadtbach geschöpft wurde:

Zunahme an gelösten Stoffen.

Rückstand	Chlor	Organ. Substanz
5,7 mg	1,0 mg	8,0 mg

Nun kommt aber zu diesem durch die Stadt in geringem Grade verunreinigten Wasser noch das Canalwasser aus der Max- und Ludwigsvorstadt, welches aber, wie sowohl die Rechnung als auch die Analyse zeigt, nicht im Stande ist eine bedeutende Verunreinigung in der grossen Wassermasse, welche der Bach führt, hervorzubringen.

VII. Die Einwirkung der durch die Siele und Canäle zugeführten Abfallstoffe auf das Wasser des Schwabingerbaches

kann man der Grösse nach bestimmen, wenn man die Messungen und Analysen der Canalflüssigkeit, von denen die ersteren durch Frauenholz, die letzteren durch Feichtinger im Jahre 1868 ausgeführt wurden, der Berechnung zu Grunde legt. Es berechnet sich auf diese Weise folgende durch das Canalwasser verursachte Quantitätszunahme für die in Betracht kommenden gelösten Stoffe des Bachwassers:

Rückstand	Chlor	Organ. Substanz
2,2 mg	0,5 mg	1,1 mg

Als Mittel von 5 Analysen erhielten wir nun für die durch das Abwasser der Max- und Ludwigsvorstadt bedingte Zunahme des Gesammtrückstandes, des Chlors und der organischen Substanz im Wasser des Schwabingerbaches folgende Zahlen:

Rückstand	Chlor	Organ. Substanz
5,9 mg	0,6 mg	8,9 mg

Die durch die Berechnung gewonnenen Zahlen sind zur Controle der Analyse einigermassen verwendbar; dabei muss man aber berücksichtigen, dass seit 1868 das Canalnetz um mehr als die

Hälfte seiner damaligen Länge vergrössert wurde und die Zahl der Adjacenten auch an den älteren Sielen und Canälen zugenommen hat. Es war deshalb vorauszusehen, dass durch die chemische Analyse grössere Werthe, für die Verunreinigung des Bachwassers durch die Canalflüssigkeit, gefunden werden mussten. Wie man sieht, ist diese Zunahme der einzelnen Stoffe immer noch eine sehr geringe; sie schwankt zu verschiedenen Zeiten um 8,8 mg für die Rückstandmenge, um 0,7 mg für das Chlor und um 18,3 mg für die organischen Stoffe. Vergleicht man die letzte Tabelle mit jener, welche zur Veranschaulichung des Zustandes desselben Baches vor Einmündung der Siele und Canäle auf der vorigen Seite gegeben wurde, so stellt sich heraus, dass die durch den noch nicht canalisirten Theil der Stadt gesetzte Verunreinigung des Bachwassers gerade jener gleichkommt, die durch das Canalsystem verursacht wird, nur ist die Vermehrung des Chlors in ersterem Falle noch etwas bedeutender.

VIII. Gesammteinwirkung der Stadt auf das Wasser der Stadtbäche.

Die folgenden Zahlen drücken als Durchschnittswerthe von 9 Analysen die Gesammtverunreinigung aus, welche jener Theil des Isarwassers erleidet, der die äussere und innere Stadt durchspült und bei Schwabing den Ring der Stadt wieder verlässt.

Milligramme im Liter.

Rückstand	Lösungsrückstand	Kohlensäure	Kalk	Chlor	Salpetersäure	Organ. Substanz	Suspendirte Stoffe
11,8	8,3	2,1	0	1,7	0	19,7	8,4

W. v. Schelhass fand im Schwabingerbach als Mittel von 13 Untersuchungen für die Rückstandmenge eine Zunahme von 27 mg, für die organischen Bestandtheile von 18 mg.

Die einzelnen Stoffe dieses Wassers zeigen sich natürlich auch hier zu verschiedenen Zeiten um verschiedene Gewichtsmengen vermehrt, was am besten durch eine tabellarische Zusammenstellung veranschaulicht wird:

Milligramme im Liter.

Datum	Rückstand	Chlor	Organ. Substanz	Salpetersäure
5. November 1874 . .	15,1	2,7	28,9	0
4. Januar 1875 . .	18,4	2,0	26,8	0
9. Februar „ . .	20,0	1,3	17,8	0
28. Februar „ . .	11,7	2,0	26,9	0
13. März „ . .	9,6	2,0	27,9	0
14. Mai „ . .	13,8	1,0	14,0	0
15. Juni „ . .	5,7	1,4	6,3	0
13. Juli „ . .	8,1	1,7	9,3	0
28. Juli „ . .	4,0	1,4	58,0 (?)	0

Dieser geringe Effect wird also hervorgebracht durch die grosse Anzahl von Abwassereinleitungen aus den einzelnen an den Bächen gelegenen Häusern, durch die Excremente aus 500 bis 600 Abtritten, durch das Abwasser der Fabriken und endlich durch die Canalflüssigkeit der canalisirten Stadttheile.

Es genügt hinsichtlich der Reinheit dieses Wassers zu bemerken, dass die Einwohner aller jener Häuser, welche am Bache liegen, nachdem er das Abwasser der canalisirten Districte aufgenommen hat, auf unser Befragen einstimmig erklärten, dass das Wässer, auch wenn eine geringe Wassermenge im Bache fliesst, niemals in besonders bemerkenswerther oder auffälliger Weise beschmutzt sei, dass es zum Baden noch gut genug und nur dann zeitweise zum Waschen der Leib- und Bettwäsche u. s. w., wozu es alle benützen, nicht gut brauchbar sei, wenn ein heftiger Regen sich eingestellt und das Wasser (durch erdige Beimengungen) stark getrübt hatte. Ein unangenehmer Geruch sei niemals zu bemerken.

Im Gegensatz hierzu wollen wir hier anführen, wie sich die Uferbewohner an wirklich „verunreinigten“ Flüssen verhalten. „Alle klagen, so heisst es im Bericht der englischen Commission, auch diejenigen, welche dem allgemeinen Beispiel folgend, selbst zur Ver-

unreinigung der Flüsse beitragen. Dabei leiden diejenigen, deren Eigenthum zufällig am Flusse liegt, in verschiedener Weise. Sind sie Pächter, so kann das Vieh von dem Wasser nicht trinken, das durch ihre Wiesen fliesst. Wohnen sie dicht am Ufer, dann werden sie durch den Gestank, welcher den Aufenthalt unmöglich macht, aus dem Hause vertrieben. Sind sie durch ihre Pflicht gebunden, an dem Orte zu bleiben, so sind sie einer beständigen Belästigung unterworfen und in vielen Fällen der Gefahr ausgesetzt, krank zu werden. Haben sie Besitzthum, so ist der Werth verringert, ein Haus bleibt ohne Miether, Land ist unverkäuflich, ausser um geringen Preis."

Dass dagegen das Wasser der Isar, welches die Hauptstadt durchströmt hat, nicht nur nicht ekelerregend ist, sondern auch den Reiz noch nicht verloren hat, den ein klarer Bach auf den Menschen ausübt, dafür bürgt der Umstand, dass selbst die wohlhabende Classe der Bevölkerung die Ufer jenes Baches, der das Abwasser der Stadt mit sich führt, mit Vorliebe zur Erbauung von Wohnhäusern und Villen wählt, um die Annehmlichkeit eines vor dem Hause vorbeiziehenden reinen Wasserlaufes und die Nähe des auf seinem anderen Ufer befindlichen englischen Gartens gleichzeitig geniessen zu können. —

Die Verunreinigung der Flüsse hat bekanntlich einen sehr schlimmen Einfluss auf die Fische. Die Fischzüchtereien in Schottland und Irland, die einer grossen Volksmenge Beschäftigung und Unterhaltung bieten, wurden in Folge der immer mehr überhand nehmenden Einleitung der Abwasser in die Wasserläufe schwer geschädigt. In verschiedenen Flüssen verschwanden die Fische ganz. Im Leicester kehrten sie wieder zurück, als die Fabrik- und Canalabwässer, erst nach vorheriger Reinigung durch den ABC-Process, abgeschwemmt werden durften [1]).

„Am 25. Juli 1869, als die Verunreinigung der Seine beträchtlich zugenommen hatte, gingen die Fische von Saint-Denis bis Chatou zu Grunde. Vor allem war das Unglück bei Argenteuil gross. An den beiden Seine-Ufern bildeten die todten Fische auf

1) Corfield, „Utilisation of Sewage".

eine Strecke von 5 km eine durchschnittlich 2 m breite Schicht. Die Flussverwaltung musste diese unzähligen Cadaver, deren chemischer Zerfall sich weithin bemerkbar machte, einscharren lassen[1])."

Die Landwirthe, deren Güter am Schwabingerbach liegen, erklären, obgleich sie in ihrem eigenen Interesse gegen die Einführung des Schwemmsystems in hiesiger Stadt protestiren, dass „die Abwassereinleitung bis jetzt keinen ungünstigen Einfluss auf die Fische gehabt habe und dass seit zwanzig Jahren dieselben Arten von Fischen im Bache vorkommen". Nur zur Zeit der Bachauskehr sieht man, wenn das Wasser wieder eingelassen wird, eine grosse Menge todter Fische im Bache.

IX. Einfluss der Hauptstadt auf die Gesammtwassermasse der Isar.

Wir sind in den Stand gesetzt, auf Grund mehrerer Analysen mit Bestimmtheit zu erklären, dass das Wasser der Isar zwei Stunden unterhalb München fast denselben Gehalt an gelösten und suspendirten Stoffen führt und somit fast den gleichen Grad der Reinheit besitzt, wie das Wasser des Flusses bevor es die Hauptstadt erreicht hat.

Das Resultat der Analyse wird durch das Ergebniss der Berechnung bestätigt, und die wiederholte Besichtigung des Flusses unterhalb München ergiebt, dass sich sein Aussehen, die Farbe seines Wassers, die durch das Auge erkennbare Menge der schwimmenden Theile nicht in merkbarer Weise geändert hat.

Der Schwabingerbach führt nach einem 9631,18 m langen Laufe den grössten Theil des Abwassers der Stadt bei Fröttmanning in die Isar. Ein kleiner Theil seines Wassers zweigt beim Aumeister in der Hirschau von ihm ab und ergiesst sich erst bei Garching in den Fluss.

Das Flusswasser war, nachdem es alle Stadtbäche und verunreinigenden Zuflüsse von München aufgenommen hat, nach dem Ergebnisse von 4 Analysen in seinen einzelnen Bestand-

---

1) M. A. Gérardin, Altération, Corruption et Assainissement des rivières. Annales d'hygiéne publique 2. Sér. T. XLIII p. 6.

theilen, wie die Tabelle zeigt, nur in minimaler Weise verändert.

Zunahme für die einzelne Stoffe. Milligramme.

Rückstand	Lösungsrückstand	Kohlensäure	Kalk	Chlor	Salpetersäure	Organ. Substanz	Suspendirte Stoffe
3,8	1,8	0	0	0	0	3,4	5,3

Das Wasser wurde etwa 300^{m} unterhalb der Einmündungsstelle des Schwabingerbaches genommen, und zwar auf derselben Seite, auf welcher sich der Bach befindet. Es war somit vielleicht noch nicht einmal eine vollständige Mischung des Bachwassers mit der Gesammtwassermasse des Flusses eingetreten. In einer Probe, welche unterhalb Garching bei Hochwasser genommen worden war, konnte ein Unterschied gegenüber dem Isarwasser oberhalb der Stadt gar nicht nachgewiesen werden.

X. Veränderungen in der chemischen Zusammensetzung des Isarwassers während seines Laufes von Tölz bis zur Mündung in die Donau bei Plattling.

Um auch für spätere Zeiten, in welchen sich durch verschiedene Benützung des Flusses durch die Anwohner desselben Manches geändert haben kann, einen sicheren Anhaltspunkt zum Vergleich zu gewinnen, hielten wir es für nothwendig, den gegenwärtigen Zustand des Fusses von seinem Austritt aus dem Gebirge bis zur Mündung in die Donau durch die chemische Analyse des an verschiedenen Punkten seines Laufes möglichst gleichzeitig geschöpften Wassers festzustellen. Das Wasser der Isar wurde zu diesem Zwecke an acht verschiedenen Stellen zweimal an je einem Tage von uns eigenhändig geschöpft, chemisch untersucht und dabei auch das Wasser ihrer wichtigsten Nebenflüsse auf dieser Strecke, der Loisach und Amper, berücksichtigt und analysirt.

Es sollte dabei vor allem entschieden werden, ob eine spontane Reinigung des Flusswassers, von der man noch vor einigen

Jahren einen sehr günstigen Einfluss auf verunreinigte Flüsse erwartete, auch in der Isar stattfinde. Ausserdem sollte eruirt werden, in welcher Weise die Oberflächen- und die subterrane Drainage, die grösseren Nebenflüsse der Isar speciell, und endlich auch im Besonderen die beiden Städte Freising und Landshut auf die chemische Zusammensetzung des Isarwassers einwirken. Ueber die erste dieser Fragen wird weiter unten berichtet werden; die beiden anderen anlangend muss bemerkt werden, dass schon durch die einfache Besichtigung der Gesammtwassermasse des Flusses eine Veränderung derselben, besonders in der Farbe des Wassers, bemerkbar war.

Als wir nach langandauernder Trockenheit am 21. Februar 1875 die Proben einsammelten, führte die Isar von Tölz bis München ein reines, klares, bis auf den Kiesboden durchsichtiges Wasser von schön lichtgrüner Farbe, die sich auch unterhalb München nicht merkbar geändert hatte. Schon vor Einmündung der Amper konnte man durch die in wahrnehmbarer Weise abnehmende Klarheit eine Beeinflussung von den Seiten her, welche vornehmlich durch die Zufuhr suspendirter Stoffe bedingt schien, erkennen. Diese Veränderung in der Farbe des Wassers war noch deutlicher, nachdem sich das dunkler gefärbte Wasser der Amper mit dem Isarwasser gemischt hatte.

Die Wägung der filtrirten und dann bei 100° getrockneten schwimmenden Theile ergab nun auch eine geringe aber stetige Zunahme, und zwar von Tölz bis München um nur 1,1 ^{mg}, von Tölz bis zur Isarmündung um 8 ^{mg}. Die Donau führte nur 1 ^{mg} suspendirte Stoffe, während dieselben 11 bis 17 ^{mg} in der Loisach und Amper ausmachten. Dasselbe Verhältniss ergab der durch Abdampfen gewonnene Rückstand, bei Tölz 210 ^{mg}, mit jeder folgenden Station aber ansteigend bis zur Mündung auf 248 ^{mg}, so dass dort die Zusammensetzung des Isarwassers fast ganz der des Donauwassers gleich gefunden wurde.

Bei der zweiten Untersuchung, die bei Hochwasser angestellt worden war, ergab sich so ziemlich dasselbe Verhältniss bezüglich der von der Quelle bis zur Mündung stattfindenden Zunahme der einzelnen in Lösung befindlichen Stoffe, nur war durch Regen- und

Schneewasser eine bedeutende Verdünnung herbeigeführt, während die schwimmenden Theile eine bemerkenswerthe Vermehrung erfahren hatten, die hauptsächlich durch erdige Stoffe bedingt war, wodurch das Wasser eine grauweisse Farbe erhielt.

Weder die Städte Freising und Landshut mit zusammen etwa 20000 Einwohnern, noch auch die grosse Anzahl von Dörfern, welche von Tölz bis Plattling an der Isar liegen, haben einen nachweisbaren Einfluss auf das Wasser des Flusses. Am 9. April wurde sogar eine geringere Rückstandmenge unterhalb Landshut gefunden, als in jener Probe, welche weiter oben bei Volkmannsdorf genommen worden war.

Um so mehr zeigt sich die weit mächtigere Wirkung der gesammten Drainage des Flussgebietes. Alle Veränderungen, welche zwischen den einzelnen Stationen gefunden wurden, sind durch diese veranlasst, während die Zahl der Anwohner bis jetzt nicht genügt, um eine auch nur gerade merkbare Verunreinigung hervorzubringen.

Aus den beiden Analysen ergiebt sich folgende Zunahme für den Rückstand, das Chlor und die gelösten organischen und suspendirten Stoffe in Milligrammen im Liter:

Oertlichkeit	21. Februar 1875				9. April 1875			
	Rückstand	Chlor	Organ. Stoffe	Suspend. Stoffe	Rückstand	Chlor	Organ. Stoffe	Suspend. Stoffe
Von Tölz bis oberhalb München . .	9,5	0	9,0	1,1	15,0	0,4	4,4	10,2
Von oberhalb München bis Garching . .	2,5	0	5,9	1,7	0	0,2	0	0,2
Von Garching bis unterhalb Moosburg . .	18,0	0	26,9	0,4	16,0	0	11,8	9,8
Von unterhalb München bis Landshut	23,8	0	7,4	3,6	19,0	0	14,8	8,8
Von Landshut bis Plattling	2,8	0,3	—1,4	0,6	5,0	0	4,3	6,0
Von Tölz bis Plattling	38,0	0,3	20,9	7,0	29,7	1,3	36,8	12,0

Aus den obigen Zahlen erhellt sofort ihre Bedeutung. Bei Thalkirchen, oberhalb München, hat das Flusswasser dieselbe Beschaffenheit wie unterhalb der Hauptstadt, bei Garching. Aber von Garching bis Landshut nimmt die Summe der in Lösung befindlichen Stoffe das eine Mal um 23,8 mg pro Liter, das andere Mal um 19 mg zu.

Diese successive Verunreinigung fällt also nicht der Hauptstadt zur Last, — die seitlichen Zuflüsse sind es, besonders jene aus dem Erdinger- und Freisinger-Moos, welche diese Vermehrung der gelösten und suspendirten Stoffe zwischen München und Landshut bedingen.

XI. Das Verhalten des Isarwassers im Sommer und Winter.

Wir lassen hier noch eine Tabelle folgen, welche die Vermehrung der gelösten Bestandtheile d. h. den verschiedenen Grad der Verunreinigung in den einzelnen Stadtbächen im Sommer und Winter veranschaulicht.

Zunahme der Rückstandmenge. Milligramme.

Füllungsstellen	Winter	Sommer
1. Westl. Stadtgrabenbach am Jungfernthurm	13,4	12,0
2. Hofbrunnwerkcanal a. Ende	27,4	19,2
3. Palaisbach am Ende . .	28,2	25,6
4. Angerbach (Oberanger) .	8,6	10,8
5. Hofgrabenbach am Ende .	286,8	469,3
6. Krankenhausbach am Ende	37,2	63,0
7. Rossschwemmbach (Victualienmarkt)	7,0	0,6
8. Köglmühlbach am Ende .	17,2	4,2
9. Kainzmühlbach am Ende .	0,2	5,2
10. Eisbach vor dem Wasserfall	14,6	9,9
11. Schwabingerbach vor dem Siel	8,4	7,6
12. Schwabingerbach (Frei'sche Fabrik	22,4	9,2
Mittel	16,9	15,2

Bei Berechnung der Mittelzahl wurde Nr. 5 nicht berücksichtigt, da dieser Bach ein ganz ausnahmsweises Verhalten zeigt.

Die Zunahme der einzelnen Stoffe in den Stadtbächen war im Sommer eine geringere; aber sicherlich nicht deshalb, weil eine Zersetzung organischer Substanzen und Ueberführung solcher in gasförmigen Zustand stattfand, sondern weil eine grössere Wassermasse in den Bächen war.

Die Zersetzung organischer Stoffe kommt zwischen zwei Füllungsstellen bei einer so grossen Geschwindigkeit, wie sie die Stadtbäche besitzen, quantitativ kaum in Betracht. Auch ist die Temperatur des Isarwassers selbst im Hochsommer zu gering, als dass lediglich durch diese eine energischere Zersetzung organischer Stoffe herbeigeführt werden könnte. Die Stadtbäche verunreinigen deshalb auch nicht die Luft ihrer Umgebung mit gasförmigen Ausdünstungen. Wie das Isarwasser in den Stadtbächen, so verhält es sich auch in dieser Beziehung im Flusse selber. Wir kommen daher zu dem Schlusse, dass die Isar an keiner Stelle ihres Laufes die Luft durch gasförmige riechende Stoffe verunreinigt, weder im Sommer, noch im Winter.

XII. Zustand des Flussbettes und der Bachsohle.

(Chem. Beschaffenheit des deponirten Schlammes.)

Ein schlimmer Uebelstand, welchen die Einleitung von Abwasser in die Flüsse unter Umständen mit sich bringt, ist die Verschlammung des Flussbettes in Folge der Ablagerung suspendirter Bestandtheile. Dieselbe war in einigen englischen Flüssen so gross, dass dadurch sogar die Schifffahrt gehindert wurde.

Nach dem zweiten Bericht der Stadtabwassercommission (1861) kostet die Beseitigung der Schlammmassen, welche sich in Folge der Einleitung des Abwassers von Glasgow im Bett des Clyde ablagern, jährlich 8000 £. Die Ströme, welche durch Birmingham fliessen, haben ihr Bett, wie der genannte Bericht aussagt, 4 Fuss hoch verschlammt „und grosser Schaden für Land und Eigenthum durch Ueberschwemmung ist die Folge“. Auf dem Bette der Themse hatte die Schlammmasse im Jahre 1867 an einzelnen Stellen eine

Mächtigkeit von 5 bis 10 Fuss erreicht. Der Irwell [1]) lässt den grössten Theil seiner suspendirten Stoffe, die er in Manchester empfängt, bereits unterhalb der Stadt liegen und setzt von dem übrig gebliebenen organischen Schlamme während seines Laufes von dort bis zum Mersey noch ein Drittel bis zur Hälfte ab. Der Darwen deponirt 79,8 % der suspendirten organischen Stoffe auf seinem Laufe von Wilton-Park in Blackburn bis Walton-le-Dale. Aus dem schlammigen Bette steigen dann im Sommer grosse Blasen auf und erfüllen mit ihren gasförmigen Ausdünstungen die Luft viele Yards weit mit Gestank.

Die Ursache dieser Missstände ist der träge Lauf des Wassers, welches an manchen Stellen sogar stagnirt.

In der Isar zeigt schon der Augenschein, dass das Flussbett von Tölz bis nach Landshut aus reinem Kiesboden besteht, während organischer Schlamm in grösserer Menge nirgends abgelagert wird. Aber auch die Bestimmung der Quantität der suspendirten Theile, welche der Fluss an verschiedenen Stellen seines Laufes führt, beweist deutlich, dass eine Ablagerung solcher nicht stattfindet.

Die Menge der schwimmenden Stoffe nimmt zu vom Ursprung des Flusses bis zu seiner Mündung, und die Zunahme ist ziemlich proportional dem grösseren Gehalt an suspendirten Bestandtheilen, welchen die seitlich zufliessenden Gewässer enthalten.

Das für die Isar im Ganzen günstige Resultat hat seinen Grund in dem starken Gefälle und der grossen Geschwindigkeit, welche der Fluss glücklicherweise besitzt.

Auch in den grösseren Stadtbächen findet eine Ablagerung nur in untergeordneter Weise statt, und die bei der Bachauskehr zu Tage geförderten Abfälle sind grösstentheils anorganische, nicht schwemmbare Partikel, besonders auch zerbrochenes Hausgeräthe u. dgl., welches in das vor dem Hause vorbeiströmende Wasser geworfen wird. Selbst im Schwabingerbach hinter der Sielmündung findet man zur Zeit der Bachauskehr, wenn kein Wasser im Bache fliesst, dass der Kiesboden des Bettes rein zu Tage liegt. Nur in wenigen Stadtbächen mit geringem Gefälle findet eine bedeutendere

1) First Report of the Commissioners, appointed in 1868 to inquire into the best Means of preventing the Pollution of Rivers; übersetzt v. O. Reich. S. 40.

Sedimentirung auch von organischem Schlamme statt. Im Schwabingerbache verursachen eine gute Strecke vor seiner Mündung in die Isar dammartige Geröll- und Sandbänke an einzelnen Stellen Stauung und ruhigere Strömung, so dass an solchen Punkten die Ablagerung suspendirter Stoffe von Statten geht und eine reichliche Entwicklung üppig wuchernder Wasserpflanzen ermöglicht wird, welche auf einer Strecke von etwa 1 km den Boden des Baches überziehen und zwischen ihren Zweigen eine Menge von schwimmenden Theilen auffangen und festhalten.

Um die chemische Zusammensetzung des Schlammes zu ermitteln, hat Wolffhügel gelegentlich seiner Untersuchungen „über die Verunreinigung des Bodens durch Strassencanäle und Abortgruben“ Analysen angestellt, deren Resultate hier folgen.

1000 g Schlamm enthalten:

Oertlichkeit	In kaltem Wasser löslich					unlöslich	
	Rückstand	Glühverlust	Organ. Substanz	Chlor	Salpetersäure	Glühverlust	Stickstoff
Von dem Bette des grossen Stadtbaches vor Eintritt in die Stadt	62,32	24,43	37,78	7,18	3,69	77,41	1,33
Von dem Bette des Schwabingerbaches bei der Sielmündung	15,54	4,54	19,61	0,91	0,81	139,73	2,29
Von dem Bette des Schwabingerbaches bei der Freischen Fabrik	13,11	7,07	9,81	0,90	1,06	129,25	2,75

Vergleicht man diese Zahlen mit jenen, welche von Frankland aus der Analyse des Flussschlammes der Flüsse Irk, Irwell und Medlock gewonnen wurden, so ergiebt sich kein bedeutender Unterschied bezüglich der chemischen Zusammensetzung. Dagegen ist die Quantität des abgelagerten Materials in jenen Flüssen eine ganz unverhältnissmässig grössere. Für 100 Theile des Schlammes aus dem Irwell treffen z. B. 0,29 Theile organischen Stickstoffs; unmittelbar hinter dem Siel enthält der Schlamm des Schwabingerbaches 0,229 Theile organischen Stickstoff in 100 Theilen, so dass

also das Ergebniss für den letzteren noch etwas günstiger ist. An der Frey'schen Fabrik, kaum 2 km unterhalb der Canalmündung, hat der in Wasser lösliche Theil der organischen Substanz des Schlammes schon um die Hälfte abgenommen; dies beweist, dass die schwimmenden Theile schon auf einer so kurzen Strecke eine grosse Menge löslicher Bestandtheile an das Flusswasser, bevor sie niedersanken, abgegeben haben.

v. Pettenkofer[1]) hat die aus der Untersuchung des Flussschlammes gewonnenen Zahlen mit jenen verglichen, welche Wolffhügel für die chemische Zusammensetzung des Bodens unter den Abtritt- und Schwindgruben sowie unter der Sielsohle gefunden hat; dabei ergiebt sich, „dass im Grossen und Ganzen die Verunreinigung des Bodens unter den Bächen, in welche grössere Canäle münden, zwischen der unter der Sielsohle und der Abtrittgrubensohle constatirten Verunreinigung steht und dass ein kolossaler Abstand gegenüber dem Grade der Infiltrirung des Bodens unter den Schwindgruben sich offenbart".

Wir haben also in Zukunft, wenn wir der Isar auch noch mehr Abfallstoffe übergeben als bisher, vorausgesetzt, dass sie schwemmbar sind, nichts Schlimmes zu befürchten. Dem raschen Laufe des Flusses ist es zu verdanken, dass auch solche Stoffe fortgeführt werden, deren specifisches Gewicht grösser ist als das des Wassers.

XIII. Ueber das Verhalten der gelösten Stoffe des Flusswassers, speciell des Isarwassers, in verschiedenen Jahreszeiten und bei verschiedenen meteorologischen Verhältnissen.

Das Flusswasser unterliegt bedeutenden Schwankungen im Gehalt an gelösten Stoffen. Die Grösse derselben ist wesentlich von dem Maximum und Minimum der Wasserquantität abhängig, welche ein Fluss zu verschiedenen Zeiten führt. Darnach müssten z. B. die hier aufgezählten Flüsse der Grösse ihrer Wassermasse- und Rückstandschwankungen nach in folgende Reihe gebracht werden:

1) Vorträge über Canalisation und Abfuhr. München 1876, Verlag von Finsterlin. S. 142 u. 143.

Flüsse	Niederste Wassermenge Sec.-Cubikmeter	Höchste Wassermenge Sec.-Cubikmeter	Verhältniss d. schwankenden Wassermasse
Rhein bei Lauterburg .	465	5010	1 : 10,8
Maas	33,4	600	1 : 17
Isar bei München . .	41,5	1500	1 : 36
Garonne bei Tarn . .	87	12000	1 : 138
Garonne bei Toulouse .	36	5700	1 : 158

Die Rückstandmenge würde also, wenn allein die Schwankungen der Wassermasse maassgebend wären, in den weitesten Grenzen in der Garonne bei Toulouse schwanken.

Man muss jedoch noch einen anderen wichtigen Factor berücksichtigen: die Beschaffenheit des Flussufers und des ganzen Flussgebietes, die Quellen, aus welchen die Wassermassen kommen, die ein Anschwellen des Flusses verursachen. Schneewasser aus dem Gebirge wird eine Verminderung, Oberflächenwasser von bebautem, wohlgedüngtem Lande oder von Moorboden u. dgl. wird eine Vermehrung, oder trotz einer bedeutenderen Wassermasse im Flusse, eine Constanz der Summe der gelösten Stoffe bedingen. So enthielt z. B. das Wasser der Weichsel nach Bischof, als der Fluss festgefroren war, nur zwei Drittel von dem Rückstande, welcher bei Thauwetter gefunden wurde, weil in letzterem Falle viel Oberflächenwasser, das eine grosse Menge faulender, vegetabilisch organischer Substanzen aus uncultivirtem Lande enthielt, in den Fluss gekommen war. Die Warnow führte nach Dr. Wolff[1]), als sie durch Regen gestiegen und über die Ufer getreten war, 213^{mg} gelöste Stoffe im Liter, 4^{mg} mehr als bei Trockenheit und niederem Wasserstande.

Die Summe der gelösten Bestandtheile im Rheinwasser schwankt in sehr bedeutenden Grenzen, nämlich um 175^{mg} pro Liter; im Wasser der Seine, nach bis jetzt vorliegenden Untersuchungen, um 95^{mg}, in dem der Rhone um 78^{mg}, in jenem der Weichsel um 43^{mg};

1) Dr. J. Wolff, Analyse der Flüsse und Seen Mecklenburgs 1872.

das Wasser der Saale zeigt nach den Untersuchungen von Reichhardt sogar eine Maximaldifferenz von 232^{mg} pro Liter zwischen dem höchsten und niedersten Gehalt an aufgelösten Stoffen.

Das Isarwasser unterliegt nach Port Schwankungen in der Rückstandmenge von 160^{mg}, nach v. Schelhass um 78^{mg} und nach unseren Untersuchungen um 50,3^{mg} pro Liter.

Man sieht, dass es dabei hauptsächlich darauf ankommt, die einzelnen Flüsse während mehrerer Jahre sehr oft und unter den verschiedensten atmosphärischen Verhältnissen zu untersuchen.

Wären die genannten Flüsse so oft untersucht worden wie die Saale durch Reichhardt, oder wie die Isar durch Port, dann würden sich vielleicht auch bedeutendere Schwankungen ergeben haben.

Nach unseren Analysen hatte die Rückstandmenge das Minimum erreicht, als der Fluss sehr hoch ging, nämlich am 13. Juli 1875 bei einem Pegelstande von 0,502 unter Null, an welchem Tage wir ihn zu 182^{mg} pro Liter bestimmten. Port fand am 19. Juli die sehr geringe Rückstandmenge von 100^{mg}, als der Pegel 1,00 unter Null zeigte.

Das Maximum fiel zwar nicht genau mit dem niedersten Pegelstande zusammen, weil an diesem Tage durch Thauwetter und Regen eine Verdünnung hervorgebracht wurde. Am 4. Januar 1875 war nämlich die Rückstandmenge zu 220,4^{mg} pro Liter gefunden worden, bei einem Pegelstande von 2,55^{m} unter Null. Ein hoher Rückstand wurde am 5. November 1874 bei einem Pegelstande von 2,34^{m} unter Null gefunden: 221,9^{mg} pro Liter, und der Maximalrückstand am 28. Februar, als der Pegel 2,52^{m} unter Null zeigte, also immerhin bei einem der niedrigsten Wasserstände des Jahres 1875, in welchem die durchschnittlich niedrigste Pegelhöhe 2,47^{m} unter Null betrug.

Aus diesen Zahlen geht somit hervor, dass der Minimalrückstand mit einem sehr hohen, der Maximalrückstand mit einem sehr niederen Pegelstande zusammenfällt.

Die Zunahme des Lösungsrückstandes, d. h. des in kohlensäurefreiem destillirtem Wasser wieder löslichen Theils der Rückstandmenge, geht, weil sie fast ausschliesslich durch die Ver-

mehrung der organischen Stoffe bedingt ist, mit der Elevation der Rückstandmenge und natürlich auch mit jener der organischen Stoffe parallel.

Die Schwankungen im Kalkgehalt der Isar gehen ziemlich parallel mit der Verminderung und Vermehrung der Rückstandmenge auf und nieder, und es steht die Grösse desselben mit dem Pegelstande in umgekehrt proportionalem Verhältniss; dies zeigt sich deutlicher beim Kalkgehalt als bei der Rückstandmenge. Der höchste Kalkgehalt wurde bei sehr niederem Wasserstande zu 85,5^{mg}, der niederste bei sehr hohem Pegelstande zu 55,5^{mg} pro Liter bestimmt, so dass sich als Maximaldifferenz, welche die Grösse der Schwankungen ausdrückt, 30,5^{mg} pro Liter ergiebt.

Der hohe Kalkgehalt des Isarwassers rührt daher, dass die Quellen des Flusses ausschliesslich aus Kalkgestein kommen, und zwar vorwiegend aus Wettersteinkalk, welcher aus 96 % kohlensaurem Kalk, 1,9 % Bittererde und 1,3 % Bitumen, Thon und Eisenoxyd zusammengesetzt ist.

Auch aus dem Hauptdolomit des Keupers, welcher sich in chemischer Beziehung vom Wettersteinkalk durch seinen grösseren Magnesiagehalt unterscheidet, sowie aus dem in schmalen Zügen zwischen Wettersteinkalk und Hauptdolomit sich eindrängenden unteren Muschelkeuper kommen einzelne unbedeutende Zuflüsse.

Der Kalkgehalt des Isarwassers erleidet während des Durchflusses des letzteren durch die Stadt keine merkliche Veränderung. Nur in den beiden stark verunreinigten Bächen, dem Färbergraben- und Hofgrabenbach, war derselbe um Vieles grösser als im reinen Isarwasser.

Im Wasser der Seine wird während ihres Laufes durch Paris nach Peligot[1]) durch die in den Fluss gelangenden stickstoffhaltigen Verbindungen, durch das Küchen-, Wasch- und Seifenwasser Kalk gefällt. „Bevor das Wasser in die Flasche des Untersuchers kommt, sagt Peligot, hat es schon theilweise die Härteprobe bestanden“. Er fand in Seinewasser bei Bercy 21,5 und nachdem es Paris passirt hatte 20,8 französische Härtegrade.

---

1) Annales de Chimie et de Physique 3. Sér. T. III.

Im Gegensatz hierzu geben Boutron-Chalard und O. Henry, welche in früheren Jahren das Seinewasser an 4 verschiedenen Stellen seines Laufes analysirten, an, dass der kohlensaure Kalk unterhalb des grossen Abzugscanales um 9,8^{mg} zugenommen hat.

Für die Härtegrade des Spreewassers, nachdem es Berlin passirt hat, fanden Finkener und Alex. Müller bald eine Zunahme, bald eine Verminderung. Im Main soll nach Merz die Menge des kohlensauren Kalkes unterhalb Offenbach um 1,3^{mg} pro Liter mehr betragen als oberhalb dieser Stadt. In gleichem Sinne soll im Rhein oberhalb und unterhalb Cöln nach Vohl eine Differenz von 10,3^{mg} bestehen. Die Proben zu diesen beiden Analysen sind jedenfalls an Stellen genommen worden, an welchen sich das Abwasser mit dem Flusswasser noch nicht gehörig gemischt hatte. Die verunreinigten englischen Flüsse zeigen alle eine sehr bedeutende Zunahme in der temporären und bleibenden Härte während ihres Laufes durch die dichtbevölkerten und industriereichen Flussthäler, was sich einfach aus der Thatsache erklärt, dass das Canalwasser viel kalkreicher ist als das Flusswasser. Der Kalkgehalt schwankte in 4 englischen, von Way untersuchten Canalwässern zwischen 145 und 210^{mg} pro Liter[1]).

Der Kalkgehalt der Isar erleidet auch auf dem ganzen Laufe des Flusses keine nennenswerthen Veränderungen. Die Loisach und Amper führen kalkreicheres Wasser der Isar zu, was den Kalkgehalt des letzteren um einige Milligramme pro Liter ändert.

Eine Abnahme des Kalkgehaltes auf einer so langen Strecke hätte erwartet werden dürfen, da sich bekanntermassen der Kalkgehalt in manchen Flüssen während ihres Laufes bedeutend vermindert; so geht z. B. die Menge des kohlensauren Kalkes im Wasser der Maas während des Laufes derselben von Hocht bis Pierre-Bleue von 136,9^{mg} auf 49,8 und von Pierre-Bleue bis Arendonck auf 32,1^{mg} pro Liter herab, und das Wasser des Flusses L'Isle verliert nach Faure's Analysen während eines Laufes von 9^{km} mehr als $^1/_3$ seines Salzgehaltes.

Die Schwankungen im Kohlensäuregehalt in den zu verschiedenen Zeiten genommenen Proben des Isarwassers gehen den

1) Second Report of Commission on Sewage of Towns 1861 p. 69.

Veränderungen der Gewichtsmengen gelösten Kalkes parallel. Als Maximum wurden 89^{mg}, als Minimum 56^{mg} bestimmt, so dass sich eine Maximaldifferenz von 33^{mg} herausstellt, die jener des Kalkgehaltes fast ganz gleichkommt.

v. Pettenkofer[1]) hat nachgewiesen, dass im Wasser, welches kalkcarbonathaltigem Boden entstammt, keine freie Kohlensäure enthalten ist, da sich solche immer sofort mit kohlensaurem Kalk und Magnesia zu Bicarbonaten verbindet. v. Pettenkofer bestimmte den Kohlensäuregehalt des Thalkirchener Wassers durch Titriren zu 63^{mg} pro Liter und erhielt fast die gleiche Gewichtsmenge, nämlich 64^{mg}, durch Bestimmung des Gewichtsverlustes des Abdampfrückstandes nach Behandlung mit Säure. Damit war erwiesen, dass im Thalkirchener Wasser nur doppeltkohlensaure alkalische Erden, aber keine freie Kohlensäure vorhanden ist. In gleicher Weise verhält sich jedenfalls das Wasser der Isar, welches eine grosse Gewichtsmenge Kalk und Magnesia-Bicarbonaten gelöst, sowie kohlensaure Kalktheilchen in suspendirtem Zustande, aber keine freie Kohlensäure führt. In keiner einzigen Probe, welche wir zu verschiedenen Zeiten den Stadtbächen und dem Flusse entnommen haben, konnten wir freie Kohlensäure durch das neue v. Pettenkofer'sche Reagens mittelst Rosolsäure nachweisen. Wo freie Kohlensäure in das Wasser gelangt, wie z. B. an der Sielmündung, entweicht dieselbe oder löst eine entsprechende Menge kohlensauren Kalk.

Durch die von Bineau[2]) gemachte Beobachtung, „dass Wasser, welches einen Zehntausendtheil oder noch weniger kohlensauren Kalk enthält, die Fähigkeit hat, eine nahezu äquivalente Menge von Kohlensäure so zu fixiren, dass sie weder beim Stehen des Wassers an der Luft noch im Vacuum entweicht“, erklärt es sich im Weiteren, dass der Kohlensäuregehalt im Wasser der Stadtbäche, während ihres langen Laufes durch München, nahezu constant bleibt. Nur in einzelnen Proben zeigte sich eine Veränderung des Kohlensäuregehaltes, obgleich der Gehalt an Kalk gleich blieb.

1) Ueber die Bestimmung der freien Kohlensäure im Trinkwasser von Prof. Dr. Max v. Pettenkofer. Neues Repetitorium für Pharmacie 1871.

2) A. Bineau, Annales de Chimie et de Physique 3. Sér. T. II.

Im westlichen Stadtgrabenbach und Hofbrunnwerkcanal stieg derselbe ein Mal von 89 auf 95^{mg} und im Schwabingerbach hinter der Sielmündung von 82 auf 95^{mg} pro Liter bei gleichbleibendem Kalkgehalt. Trotzdem konnte freie Kohlensäure im Wasser mittelst Rosolsäure nicht nachgewiesen werden.

Vielleicht war diese Vermehrung nur eine scheinbare, durch organische Säuren bedingte, die mit dem Abwasser in die Bäche kamen und die bei Bestimmung der freien und halbgebundenen Kohlensäure eine entsprechende Menge Baryt in Anspruch nahmen, so dass alsdann weniger Oxalsäure verbraucht wurde. Stolba hat eine ähnliche Beobachtung gemacht und durch Analysen dargethan, dass die organischen Säuren des Wassers eine gewisse Menge Kalk zu binden vermögen. Ausserdem kommt auch noch die wechselnde Menge kohlensaurer Bittererde in Betracht, welche Kohlensäure zur Bildung von doppeltkohlensaurer Bittererde in Anspruch nehmen kann, die aber bei unseren Versuchen nicht weiter berücksichtigt wurde.

Wie im Isarwasser, so ist auch die im Seinewasser vorhandene Kohlensäure nach Peligot[1]) mit kohlensaurem Kalk zu Bicarbonat verbunden. Er fand 20 bis 30^{ccm} Kohlensäure im Flusswasser; den kohlensauren Kalk bestimmte er zu 0,100 bis 0,150^{g} pro Liter und berechnet, dass die zur Bildung von doppeltkohlensaurem Kalk nöthige Kohlensäuremenge 23 bis 33^{ccm} betragen müsse, also annähernd so viel, als das Seinewasser wirklich enthielt. Peligot glaubt deshalb, dass das Regen-, Fluss- und Meerwasser eine weit wichtigere Rolle habe in Bezug auf Befreiung der Atmosphäre von Kohlensäure, welche derselben durch Verbrennungs- und Verwesungsprocesse zugeführt wird, als die Pflanzen, von welchen Pettenkofer durch Versuche nachwies, dass sie lange nicht in dem Maasse Kohlensäure aus der Luft aufnehmen, als man gewöhnlich glaubt. —

Die Quantität des Chlors in den meisten Flüssen ist, soweit das Wasser derselben nicht durch Meerwasser beeinflusst wird oder mit Steinsalzlagern in Berührung kommt, sehr unbedeutend, was

1) Peligot, Annal. de Chimie et de Physique 3. Sér. T. LI.

nach Gustav Bischof darin begründet ist, dass die leichtlöslichen Salze aus den Gesteinen grösstentheils zuerst ausgelaugt wurden. „Die Chlorüre, womit die sedimentären Gesteine, welche sich im Meere abgesetzt haben, getränkt waren, sind daher demselben schon längst wieder zugeführt worden.“

Die Donau und die Rhone enthalten nur Spuren, die Maas 9^{mg}, die Saale bei Jena 1,2, die Seine oberhalb Paris 7,0, der Main nach Kerner 4,5, die Aar bei Bern 0,3, die Ohe 1,7, die Ilz 1,5, und im Rhein fanden wir bei hohem Wasserstande 1,1^{mg} Chlor pro Liter. Die meisten englischen Flüsse enthalten an ihrer Quelle 1 Theil Chlor in 100,000 Theilen Wasser, oder 10^{mg} im Liter.

Die Gebirgsformation bedingt natürlich die Menge des Chlors in den Flüssen; doch differiren die Quantitätsverhältnisse auch in Flüssen, die verschiedenen Formationen entstammen, nur in geringem Grade. Die Flüsse, welche aus Gneis oder Talkschiefer kommen, zeigen den höchsten Chlorgehalt, nämlich 9 bis 12^{mg}; dann folgen jene aus Gyps und Kreideformationen, erstere mit 5 bis 11, letztere mit 3 bis 6^{mg} pro Liter. Die Flüsse, deren Quellen dem bunten Sandstein entstammen, enthalten 4 bis 7^{mg}, jene, welche Granit berühren, 3,3^{mg} pro Liter und die Flüsse der Kalkformation endlich enthalten meist nur Spuren. Zu den letzteren gehört die Isar. Die Schwankungen im Chlorgehalt betragen in den meisten Flüssen nur einige Milligramme im Liter. Für den Rhein bestehen Differenzen von 8,9^{mg}, bei verschiedenen Jahreszeiten und Wassermassen, für die Maas von 2,9, für das Seinewasser von 5,1 und für die Saale bei Jena nach Reichhardt von nur 1,6^{mg} pro Liter, während die Rückstandmenge der letzteren um 232^{mg} schwankt. Der Chlorgehalt der Warnow schwankte zwischen Mai und August 1871 nach E. Wolff um 2,5^{mg}, jener der Elde, Recknitz und Müritz um 0,5 bis 4,0^{mg} pro Liter.

Der Chlorgehalt des Isarwassers ist der geognostischen Formation entsprechend sehr unbedeutend und unterliegt in Folge dessen nur sehr geringen Excursionen, kommt spurweise vor und wird wohl selten mehr als 2^{mg} pro Liter betragen.

Bei Beurtheilung des Zustandes eines Flusses, des Einflusses einer grösseren Stadt auf denselben, ist die Bestimmung des Chlors

sehr wichtig und werthvoll, da das Steigen der Chlormenge fast ausschliesslich durch Verunreinigung des Wassers mit Harn und Koth verursacht ist.

Selbst schon eine Vermehrung des Chlors um einige Milligramme pro Liter deutet darauf hin, dass die Verunreinigung eine ziemliche Höhe erreicht hat. Man kann in den meisten Fällen annehmen, dass der gefundenen Zunahme des Chlors in Wasserläufen, in denen Fäcalien abgeschwemmt werden, eine mindestens 4- bis 5fache Vermehrung der Rückstandmenge entspricht. So verhalten sich wenigstens die verunreinigten englischen Flüsse und auch diejenigen unserer Stadtbäche, die man als verunreinigt bezeichnen kann, z. B. der Hofbrunnwerkcanal und der Palaisbach. Wo die Excremente nicht, aber alle übrigen Abfälle einer dichteren Bevölkerung dem Flusse übergeben werden, da übertrifft die Vermehrung der Rückstandmenge die des Chlorgehaltes noch um Vieles mehr als um das 5fache. —

Die Bestimmung der Salpetersäure hat für die Feststellung des Verunreinigungsgrades eines Flusses keinen Werth, aus dem einfachen Grunde, weil Salpetersäure in verunreinigten Flüssen überhaupt nicht vorkommt.

Man giebt gewöhnlich an, dass die Salpetersäure in nicht verunreinigten Flüssen spurweise vorkomme.

Man kann aber mit mehr Recht annehmen, dass jedes Flusswasser, für welches die Salpetersäure als in Spur vorhanden bisher aufgeführt wurde, frei von Salpetersäure ist, besonders wenn letztere mit titrirter Indigolösung oder nach älteren, meist mangelhafteren Methoden bestimmt wurde.

Wir haben uns überzeugt, dass für das Wasser des Rheines bei Speyer, für das Wasser der Isar, der Loisach und Amper dieselbe Menge von Indigolösung nothwendig ist, um in 50^{ccm} dieses Wassers eine leichte persistirende Blaufärbung hervorzubringen, wie in 50^{ccm} destillirten Wassers. Trotzdem nimmt z. B. Goppelsröder die spurenweise Gegenwart von Nitraten im Rheinwasser an, wozu man offenbar nicht berechtigt ist. Mainwasser von Aschaffenburg, welches unter Leitung von Ebermeier analysirt wurde,

zeigte auf Zusatz eines Tropfens Indigolösung ebenfalls die genannte Reaction.

Der Rhein bei Basel (Pagenstecher), bei Bonn (Bischof), bei Cöln (Vohl), die Elbe bei Hamburg (Bischof), die Maas bei Hocht, Bocholt, Pierre-Bleue und Arendock (Chandelon), die Rhone bei Lyon, die Themse bei Greenwich (Bennet), bei Twickenham (Clark), bei London-Bridge (Asheley), die Weichsel bei Culm (Bischof), bei Schmetz (Bischof), der Dee und der Don (John Smith), die Lütschine bei Grindelwald (Pagenstecher), die Oetz bei Vent (Schlagintweit), die Aar bei Bern (Pagenstecher), die Aar bei Solothurn (Wolffhügel), die Arve (Tingry), Douls (Deville) enthalten keine Salpetersäure. Das Seinewasser soll nach Boutron-Chalard, Henry, Poggiale und Peligot Spuren enthalten; ebenso das Wasser der Marne, des Ourcq, der Bièvre und Beuvronne. Im Wasser der Garonne bei Toulouse und der Loire bei Orleans fand Deville keine salpetersauren Salze.

Wie das reine Flusswasser verhalten sich auch die durch animalische Abfälle verunreinigten Flüsse. Es ist deshalb unbegreiflich, wie die englische Commission als Maass der stattgehabten Verunreinigung im Flusswasser (previous sewage contamination) die Bestimmung des Salpetersäuregehaltes vorschlagen konnte.

Gerade aus den zahlreichen unter Frankland's Leitung ausgeführten Analysen des Wassers englischer Flüsse geht hervor, dass eine directe Proportionalität zwischen Zu- und Abnahme der organischen Stoffe und des Salpetersäuregehaltes nicht besteht, dass vielmehr mit der Zunahme der Verunreinigung des Wassers die Menge der Salpetersäure abnimmt. So enthält z. B. das Wasser des Irwell und des Medlock an ihrer Quelle in 100,000 Theilen 0,01 bis 0,02 Theile Salpetersäure; mit zunehmender Verunreinigung der Flüsse wird diese Menge geringer und da, wo dieselben so verunreinigt sind, dass sie beinahe so viel Abwasser als Flusswasser führen, da ist kein Stickstoff in Form von Nitraten und Nitriten mehr vorhanden.

In 100,000 Theilen sind enthalten Theile:

Füllungsstellen	Organ. Kohlenstoff	Organ. Stickstoff	Stickstoff in Form von Nitraten u. Nitriten	Chlor
Medlock nahe an seiner Quelle	0,166	0,014	0,011	1,29
Medlock in Manchester	1,776	0,748	0	10,82

Frankland giebt ferner selbst an, „dass die organischen Stoffe des Flusswassers selbst nach Ablauf einer Woche nicht vollständig oxydirt und in unschädliche anorganische Verbindungen übergeführt sind".

Als ein Maass der stattgehabten Verunreinigung des Flusswassers würde aber die Salpetersäure nur dann gelten können, wenn aller N der organischen Stoffe in Salpetersäure übergeführt würde und wenn diese „Mineralisirung" in verhältnissmässig kurzer Zeit von Statten ginge.

Auch Dr. Wolff hat gefunden, dass die Warnow während ihres Laufes durch Rostock gerade da frei von Salpetersäure ist, wo sie momentan am meisten durch die Ausgüsse der Gasanstalt und des Schlachthauses verunreinigt wird. Als Ursache dieses Verschwindens der Salpetersäure bezeichnet Wolff das bei der Verwesung organischer Stoffe entstehende nascirende Wasserstoffgas und die Entwicklung wasserstoffreicher Gase, welche etwa vorhandene Salpetersäure in Ammoniak umsetzen. Wie wir aber im Weiteren beweisen werden, erfolgt die Verminderung und das gänzliche Verschwinden der Nitrate im Flusswasser in der Regel schon durch die reducirende Wirkung von organischen und organisirten Stoffen überhaupt.

Während man früher annahm, dass die Salpetersäure ein Umwandlungsproduct des Ammoniaks sei, wies Schönbein nach, dass sich bei Verwesung organischer Stoffe auch Ozon bilde, welches den Stickstoff zu Salpetersäure oxydire. Fontenelle hat durch Versuche die Entstehung der Salpetersäure aus organischen Stoffen nachgewiesen[1]). Auf die Eigenschaft in Zersetzung begriffener orga-

1) Thenard's Chemie III citirt in Lersch, Hydrochemie. Bonn 1870.

nischer Stoffe, Nitrate zu reduciren, hat Pelouze aufmerkam gemacht, nachdem er beobachtet hatte, dass Nitrate in faulendem Eiweiss rasch verschwinden; Liebig hat die gleiche Wirkung von faulender Hefe gesehen, und Schönbein hat bei seinen Arbeiten über die Veränderungen des normalen Harns des Menschen gezeigt, dass derselbe einige Zeit der atmosphärischen Luft ausgesetzt nitrithaltig wird und dass gleichzeitig mit dem Auftreten des salpetrigsauren Salzes Pilzvegetationen sich entwickeln, welche Wasserstoffsuperoxyd katalysiren. Derselbe Forscher hat gefunden, dass unter Einwirkung von Conferven, welche katalytische Eigenschaften haben, die im Quell- und Flusswasser gelösten Nitrate rasch zu Nitriten reducirt werden. Roth und Lex haben dies für Bacterien nachgewiesen. Medlock und neuerdings H. Kämmerer[1]) haben die gleiche Wirkung durch organische Stoffe beobachtet. Auch Schönbein giebt an, dass sich wie die Conferven alle anderen Schwämme und Pilze und überhaupt alle animalischen und vegetabilischen Materien verhalten, welche Wasserstoffsuperoxyd katalysiren.

In den Nachträgen zum „Handbuch der Militärgesundheitspflege“ von Roth und Lex 3. Bd. 1877 S. 571 findet sich die Bemerkung, „dass Meusel[2]) ein Wasser untersuchte, das frisch keine Spur von Ammoniak noch auch von salpetrigsauren Salzen darbot, nach einiger Zeit letztere aber zeigte. Da das Wasser in frischem Zustande nur Salpetersäure enthielt, so konnte er die Gegenwart salpetrigsaurer Salze nur einer Reduction der Salpetersäure selbst zuschreiben. Die Reduction war durch Bacterien hervorgerufen; dieselbe hörte nach Zusetzung von verschiedenen Stoffen auf“.

Wir haben durch einen Versuch constatirt, dass die Salpetersäure, welche man in das Wasser der Isar bringt, nach kürzerer Zeit durch die organischen Substanzen desselben reducirt wird.

---

1) H. Kämmerer, Ueber einige Methoden der Wasseranalyse. Journ. f. pr. Chemie. N. F. Bd. XIV S. 317.

2) Meusel, de la putréfaction produite par les bactéries, en présence des nitrates alcalins. Comptes rendus hebdomadaires etc. T. LXXXI (Paris 1875) p. 533.

Im Wasser der Isar und der Stadtbäche konnte nun auch, das Wasser des Hofgrabenbaches ausgenommen, an keiner Stelle Salpetersäure nachgewiesen werden; dagegen gab das Wasser einzelner Bäche oft eine deutliche Nitritreaction.

Aus den von A. Wagner ausgeführten Analysen hiesigen Brunnenwassers ergiebt sich die interessante Thatsache, dass zur Zeit des höchsten Grundwasserstandes, als das Wasser das Maximum der festen Bestandtheile enthielt, bei mehreren Brunnen keine Reaction auf salpetersaure und salpetrigsaure Salze erhalten wurde, während sehr beträchtliche Mengen von Ammoniak vorhanden waren. Es hatte das Wasser zu dieser Zeit höher gelegene mit organischen Stoffen imprägnirte Bodenschichten berührt, welche erstere wahrscheinlich die Salpetersäure reducirten, während der Stickstoff der Nitrate in Ammoniak überging.

Sehr stark verunreinigtes Wasser enthält meistens keine Salpetersäure, z. B. alles Schmutz- und Canalwasser. Andererseits beobachtet man häufig, dass Wasser, welches sehr viel Salpetersäure enthält, frei ist von organischen Substanzen.

Das Wasser verschiedener Brunnen von Karlsruhe enthielt nach Weltzien[1]) 93 bis 214^{mg} Salpetersäure im Liter, aber keine organischen Stoffe.

Dem Gesagten zufolge ist die symptomatische Bedeutung der Salpetersäure im Fluss- und Brunnenwasser mindestens eine zweifelhafte, und da es wahrscheinlich ist, dass alle in Fäulniss begriffenen organischen Stoffe und sehr viele niederen Organismen, vielleicht auch diejenigen Pilze, welche Ursache von Typhus und Cholera sind, die Salpetersäure reduciren, so würde reichlicher Salpetersäuregehalt eines Trinkwassers das Nichtvorhandensein dieser Organismen im Boden und Wasser beweisen und es müsste ein salpetersäurehaltiges Wasser als zum Trinken geeignet, nicht aber als gesundheitsschädlich erklärt werden, besonders wenn man noch durch Behandlung des Bodens mit Wasserstoffsuperoxyd den Nachweis geliefert hat, dass wirklich keine Stoffe in demselben sich befinden, welche katalytische Eigenschaften haben. —

1) Weltzien, Brunnenwasser von Karlsruhe 1866.

Von ganz besonderem Interesse war die Bestimmung der organischen Stoffe im Isarwasser.

Unter dem Namen der „organischen Substanz“ verstehen wir organische Verbindungen der verschiedensten Art, Abkömmlinge, Reste und Producte des animalischen und vegetabilischen Lebens, ohne dass wir über ihre Eigenschaften, ihr Verhalten und ihre oft schnell wechselnde chemische Zusammensetzung im einzelnen Fall genauen Aufschluss geben können.

Die Huminsubstanzen bilden wohl den Hauptgehalt an organischen Stoffen des Isarwassers, wie es bei München ankommt. Beim Laufe durch die Stadt gelangen aber noch andere vegetabilische und animalische Substanzen in das Wasser, die sich von den ersteren hauptsächlich durch ihre schnellere Zersetzbarkeit unterscheiden.

Die Frage, ob das Isarwasser oberhalb der Stadt und in den verschiedenen Bächen leicht zersetzbare oder schwer zersetzbare organische Stoffe enthalte, wurde dadurch entschieden, dass wir ein- und dieselbe Probe in verschieden langen Zeitintervallen untersuchten.

Nach den Resultaten dieser Untersuchungen kann mit Sicherheit angenommen werden, dass im Isarwasser, wie es oberhalb München ankommt, die auf Chamäleonlösung reducirend wirkenden Substanzen nicht leicht zersetzbar sind, was aus der Betrachtung der folgenden tabellarischen Zusammenstellung hervorgeht.

Es wurden die am 5. November 1874 und am 4. Januar 1875 den Bächen an verschiedenen Stellen entnommenen Proben, zu wiederholten Malen nach mehrmonatlichen Zeitintervallen analysirt, bei der jedesmaligen Untersuchung von jeder Probe je drei Bestimmungen gemacht und die Mittelzahlen berechnet.

Organische Substanz. Milligramme pro Liter.

Füllungsstellen	Proben, welche am 5. Nov. 1874 genommen wurden.			Proben, welche am 4. Jan. 1875 genommen wurden.		
	Zeit der Analyse			Zeit der Analyse		
	4. Dec. 1874	13. März 1875	21. April 1875	13. Jan. 1875	11. März 1875	21. April 1875
Grosser Stadtbach beim Ausfluss aus der Isar	16,3	13,9	nicht untersucht	34,4	21,5	nicht untersucht
Dreimühlbach beim Ausfluss aus der Isar . .	16,3	13,9	nicht untersucht	34,4	nicht untersucht	nicht untersucht
Dreimühlbach vor der Mündung in den Stadtbach	17,8	12,3	nicht untersucht	39,1	21,5	nicht untersucht
Westermühlbach vor seiner Theilung . . .	19,3	nicht untersucht	nicht untersucht	37,5	nicht untersucht	nicht untersucht
Lazarethbach am Militärlazareth	19,3	13,9	nicht untersucht	42,0	38,2	nicht untersucht
Hammerschmiedbach am Isarthor	20,8	10,8	nicht untersucht	42,0	38,2	nicht untersucht
Hacklmühlbach hinter der Regierung	22,3	10,8	nicht untersucht	43,8	nicht untersucht	41,3
Schwabingerbach vor dem Wasserfall . . .	19,3	nicht untersucht	nicht untersucht	37,5	nicht untersucht	nicht untersucht
Schwabingerbach vor der Sielmündung . .	22,3	20,4	nicht untersucht	56,3	nicht untersucht	45,3
Schwabingerbach hinter der Sielmündung . .	93,9	53,6	nicht untersucht	139,2	77,1	64,9
Schwabingerbach, Brücke nach Biederstein	65,5	22,2	25,1	61,2	54,2	56,2
Schwabingerbach unterhalb der Frei'schen Fabrik	45,2	21,6	28,0	64,0	52,6	nicht untersucht
Auermühlbach a. Mariahilfplatz	29,8	10,8	25,1	37,0	—	nicht untersucht
Auermühlbach vor der Mündung in die Isar	37,7	15,4	—	63,0	—	nicht untersucht

Setzt man die Abnahme der organischen Stoffe im Isarwasser oberhalb der Stadt (grosser Stadtbach) gleich 1, so erhält man für die übrigen Proben vom 5. November 1875:

Milligramme pro Liter.

Füllungsstellen	Zeit der 2. Analyse — 13. März 1875	Füllungsstellen	Zeit der 2. Analyse — 13. März 1875
Dreimühlbach beim Ausfluss aus der Isar . .	1,00	Schwabingerbach vor dem Siel	0,79
Dreimühlbach bei der Mündung in den grossen Stadtbach	2,29	Schwabingerbach hinter dem Siel	16,79
Lazarethbach	2,25	Schwabingerbach, Brücke nach Biederstein . . .	18,04
Hammerschmiedbach, Isarthor	4,16	Schwabingerbach, Frei'sche Fabrik	9,83
Hacklmühlbach hinter der Regierung	4,79	Auermühlbach, Mariahilfplatz	7,90
Schwabingerbach vor dem Wasserfall	nicht untersucht	Ende des Auermühlbaches	9,29

Auch das Wasser des Färbergraben- und Hofgrabenbaches, welches am 5. November 1874 geschöpft worden war, wurde Ende April einer zweiten Analyse unterworfen, wobei man fand, dass die organische Substanz resp. die Desoxydation einer Kaliumpermanganatlösung um die Hälfte abgenommen hatte.

	Organ. Substanz mg
Färbergraben, 5. November 1874	481,5
Ende April 1875	263,5
Differenz	218,0
Hofgraben, 4. November 1874	496,5
Ende April 1875	292,5
Differenz	204,0

Das Anfangs April mit flockigen Trübungen durchsetzte Wasser der beiden letzten Bäche war Ende April vollkommen klar und durchsichtig.

In der ersten Tabelle sind die in der 3. Rubrik stehenden Zahlen für das Wasser vom 5. November, welche durch die wiederholte Analyse desselben am 21. April 1875 gewonnen wurden, besonders erwähnenswerth, weil dieselben darthun, dass in einem Zeitraume von 66 Wochen eine Vermehrung der das Chamäleon reducirenden Substanzen stattgefunden hatte.

An den Korken, mit denen die betreffenden Flaschen verschlossen waren, zeigte sich am 21. April ein weisser Pilzbeleg, und auch im Wasser waren eben sichtbare kleine Organismen zu bemerken. Es ist wohl kaum zweifelhaft, dass diese organisirten Materien die Ursache des grösseren Chamäleonverbrauchs waren.

Sehen wir von dieser 3. Bestimmung (21. April) ganz ab, so ergiebt sich aus dem Vergleiche der beiden ersten Rubriken:

1) Dass in einem Zeitraume von 3 Monaten eine Zersetzung der organischen Stoffe der nicht verunreinigten Bäche nur in sehr minimaler Menge eingetreten ist (Nr. 1 bis 5).

2) Dass die Zersetzung der organischen Stoffe um so schneller und in höherem Maasse vor sich ging, je mehr das Wasser durch die Abfälle der Stadt influirt wurde (Nr. 6 bis 12).

Wir ziehen hieraus folgende Schlüsse:

1) Die organischen Stoffe des Isarwassers, bei seinem Eintritt in die Stadt, sind in ihrer Gesammtmenge Huminsubstanzen und als solche nicht leicht zersetzlich.

2) Die organischen Stoffe, welche durch die Abfälle der Stadt in die Bäche gelangen, sind in ihrer grössten Menge leicht zersetzlich.

Diese Sätze finden durch die folgenden Thatsachen eine weitere Bestätigung:

Die Zunahme der Rückstandmenge ist, solange das Wasser der Bäche nicht allzubedeutend durch vegetabilische und animalische resp. excrementielle, in Zersetzung begriffene Stoffe verunreinigt wurde, fast genau dem Zuwachs der organischen Substanzen proportional. Ein solches Verhältniss besteht bei den in den 6 ersten Columnen der unten folgenden Tabelle angeführten Zahlen.

Nach Einmündung der verunreinigten Bäche und des Canalwassers in den Schwabingerbach übertrifft jedoch die Elevation

der organischen Substanz jene der Rückstandmenge sehr bedeutend.

Die Ursache dieser Verschiedenheit liegt offenbar darin, dass durch die verunreinigten Bäche und das Sielwasser organische Stoffe von ganz anderer Natur in den Bach eingeführt werden, als jene waren, welche das Wasser vorher enthielt. Die ersteren, hauptsächlich von in Zersetzung begriffenen Abfällen und Excrementen herrührend, entweder im gasförmigen Zustand im Wasser, oder leichter zersetzlich und bei der Trocknungstemperatur von 100 ° C. oder schon früher während des Abdampfens theilweise flüchtig, entzogen sich der Wägung bei Bestimmung der Rückstandmenge, während die letzteren, hauptsächlich von frischen Abfällen, mehr aber von Drainage- und Quellwasser u. s. w. herrührend, nicht so leicht flüchtig sind oder sich weniger rasch zersetzen als jene im Canalwasser.

Zunahme der Rückstandmenge und der organischen Stoffe zwischen dem Stadtbach beim Ausfluss aus der Isar und den speciell bezeichneten Stationen.

Milligramme pro Liter.

Füllungsstellen	5. November 1874			4. Januar 1875		
	Zunahme der Rückstandmenge	Zunahme der organischen Substanz	Verhältnisszahl zwischen der Zunahme an Rückstand (= 1) und an organischer Substanz	Zunahme der Rückstandmenge	Zunahme der organischen Substanz	Verhältnisszahl zwischen der Zunahme an Rückstand (= 1) und an organischer Substanz
Dreimühlbach an seinem Ende	1,2	1,5	0,3	0	4,7	4,7
Westermühlbach vor seiner Theilung	0	0	0	0	3,1	3,1
Lazarethbach am Militärlazareth	4,2	3,0	0	0	7,6	7,6
Westlicher Stadtgrabenbach am Anfang	6,5	11,5	5,0	6,4	9,4	3,0
Hammerschmiedbach am Isarthor	5,1	4,5	0	2,0	7,6	5,6
Hacklmühlbach am Ende	5,0	6,0	1,0	1,4	9,4	8,0
Schwabingerbach vor dem Wasserfall	4,9	8,0	0	1,4	1,1	0

Füllungsstellen	5. November 1874			4. Januar 1875		
	Zunahme der Rückstandmenge	Zunahme der organischen Substanz	Verhältnisszahl zwischen der Zunahme an Rückstand (= 1) und an organischer Substanz	Zunahme der Rückstandmenge	Zunahme der organischen Substanz	Verhältnisszahl zwischen der Zunahme an Rückstand (= 1) und an organischer Substanz
Köglmühlbach am Ende . .	15,8	25,4	10,1	17,2	24,7	7,5
Schwabingerbach vor Einmündung des Sieles	8,1	6,0	0	8,0	21,9	13,9
Schwabingerbach hinter dem Siel	20,8	77,6	56,8	42,0	104,8	62,8
Schwabingerbach, Brücke nach Biederstein	15,1	49,2	34,1	22,2	26,8	4,6
Schwabingerbach unterhalb der Frei'schen Fabrik . .	10,5	28,9	18,4	22,2	29,6	7,2
Auermühlbach am Mariahilfplatz	7,1	13,5	6,4	7,2	2,6	0
Auermühlbach am Gasteig .	10,9	21,4	10,5	9,2	4,0	0
Färbergrabenbach	332,1	465,2	133,1	314,2	492,3	189,1
Hofgrabenbach	246,7	480,0	233,3	286,8	456,7	169,9

Der Mehrbetrag der Zunahme der organischen Stoffe gegenüber der Rückstandvermehrung oder die Verhältnisszahl zwischen der Zunahme an Rückstand (= 1) und an organischer Substanz ist somit um so grösser, je mehr das Flusswasser durch Abfälle des menschlichen Haushaltes afficirt ist.

Ein anderes Verhältniss besteht dagegen bei solchen Flüssen, die ihren Gehalt an organischer Substanz lediglich aus vermodernden Vegetabilien, besonders aus Torfmooren beziehen, indem nämlich während ihres Laufes durch solches Terrain die Rückstandmenge proportional der Vermehrung der organischen Stoffe (bestimmt durch Chamäleonlösung) zunimmt. Als Beispiel eines solchen Flusses führen wir die Amper an, deren Wasser wir an zwei verschiedenen Stellen ihres Laufes analysirten.

Milligramme pro Liter.

Füllungsstellen	Rückstandmenge	Organische Substanz	Zunahme der Rückstandmenge	Zunahme der organ. Substanz
Amper bei Bruck	202,8	45,8	—	—
Amper bei Isareck	218,0	57,7	15,2	11,9

XIV. Die „spontane Reinigung des Flusswassers" und das diesbezügliche Verhalten der Isar.

Wir wollen hier noch einige Untersuchungen mittheilen, welche wir anstellten, um zu entscheiden, ob die Veränderung, welche das Isarwasser in den Stadtbächen innerhalb der Stadt erleidet, besonders die Vermehrung der organischen Stoffe eine nur temporäre oder eine andauernde sei.

Zur Entscheidung dieser Frage bot der Mühlbach, welcher „beim Aumeister" in der Hirschau vom Schwabingerbach abzweigt und von da an erst nach einem 2stündigen Laufe durch unbewohntes Terrain unterhalb der Garchingermühle in die Isar mündet, ein entsprechendes Versuchsobject.

Auch das Wasser des Schwabingerbaches, welches bei Schwabing das Weichbild der Stadt verlässt und von da an keiner weiteren Verunreinigung ausgesetzt ist, wurde in seinem ferneren Laufe und kurz vor der Mündung in die Isar auf seinen Gehalt an organischen Stoffen untersucht; und endlich kommen auch die Untersuchungen des Isarwassers, welches bei Moosburg, Landshut und Plattling geschöpft und analysirt wurde, hier in Betracht.

Mühlbach. Milligramme pro Liter.

Datum	Temperatur des Wassers	Menge der organischen Substanz		Abnahme des Gehaltes an organischer Substanz bis zum Ende des Mühlbaches
		Schwabingerbach unterhalb Schwabing	Mühlbach kurz vor der Mündung in die Isar	
28. Febr. 1875 . .	+1,4° C.	61,1	58,0	3,1
15. Mai 1875 . .		50,6	49,2	1,4
26. Juli 1875 . .		58,4	56,0	2,4

Im Flusse selber nahm der Gehalt an organischer Substanz von München bis Plattling langsam aber stetig zu; eine Abnahme und zwar im Betrage von 17,9 mg pro Liter wurde nur ein Mal beobachtet.

Die meisten bis jetzt vorliegenden Untersuchungen sprechen dafür, dass man die sogenannte „spontane, durch Mineralisirung

der organischen Stoffe bedingte Reinigung des Flusswassers“ weit überschätzt hat.

Letheby hat bekanntlich in der englischen Commission für Wasserversorgung die Behauptung aufgestellt, dass Canalwasser mit dem 20fachen Volumen reineren Wassers gemischt, nach einem Laufe von etwa 12 englischen Meilen (2 ½ deutsche Meilen) in Folge der Oxydation der organischen Stoffe durch den atmosphärischen Sauerstoff im Flusse nicht mehr nachweisbar sei.

In entgegengesetztem Sinne sprach sich im Jahre 1864 Peligot und 1865 Benjamin Brodie aus. „Wir wissen, sagt Brodie, dass gewöhnlicher Sauerstoff keine schnell oxydirende Wirkung auf organische Stoffe ausübt und dass sehr kräftige Orxydationsmittel zur Zerstörung der organischen Stoffe nöthig sind; wir müssen sie mit Salpetersäure etc. und den stärksten chemischen Agentien kochen. Der Gedanke, dass man der organischen Stoffe Herr werden könne, indem man sie kurze Zeit hindurch der Luft aussetzt, ist thöricht.“

Frankland suchte diese so wichtige Frage auf experimentellem Wege zu entscheiden und kam zu dem Schlusse, dass die Zersetzung organischer Stoffe im Wasser mit äusserster Langsamkeit vor sich geht und dass selbst nach einem Laufe von 20 deutschen Meilen erst 6,4 % des organischen Kohlenstoffs und 28,4 % des organischen Stickstoffs zersetzt werden.

Dieses Resultat fand eine weitere Begründung durch die Analyse des Wassers aus den Flüssen Irwell, Mersey und Darwen.

Während von mancher Seite das Experiment Frankland's durch anderweitige Analysen bestätigt wurde, z. B. durch Nichols[1]) für den Merimack River und durch Langhans[2]) für das Pegnitzwasser, so fehlt es doch nicht an Untersuchungen, durch welche eine verhältnissmässig sehr rasch vor sich gehende spontane Reinigung des Flusswassers thatsächlich nachgewiesen wurde. Ich verweise in dieser Hinsicht auf die Verhältnisse in der Seine und auf das Ver-

---

1) W. R. Nichols, on the Present Condition of Certain Rivers of Massachusetts. Boston 1874.

2) Langhans, zur Hydrognosie der Stadt Fürth und ihrer Umgebung. Deutsche Vierteljahrsschrift für öffentl. Gesundheitspflege Bd. III S. 31.

halten des Blackstone River im Staate Massachusetts, dessen Zustand weiter unten besprochen wird.

Aus jenen Resultaten, welche wir für das Wasser der Isar und der Stadtbäche erhielten, darf nicht mit Bestimmtheit geschlossen werden, dass eine Zersetzung organischer Stoffe zwischen den bezeichneten Füllungsstellen überhaupt nicht stattgefunden hat; denn die Oxydation und Zersetzung organischer Substanz konnte ja leicht mit einer Zufuhr neuer Quantitäten auf subterranem Wege (bei der Isar auch durch seitlich einmündende Bäche), sowie mit der Extraction löslicher Bestandtheile aus den suspendirten Inunditien coïncidiren und in ihrer Wirkung auf das Resultat der Analyse paralysirt werden.

XV. Möglicher Einfluss der Einführung des Schwemmsystems in München auf die Beschaffenheit des Isarwassers.

Eine wichtige zu erörternde Frage ist die, ob nach dem Ergebnisse dieser Untersuchungen die Stadt München die Gesammtmasse der Abfälle und auch die Fäcalien durch eine systematische Canalisation der Isar übergeben kann, ohne das Flusswasser in so schlimmer Weise zu alteriren, dass die unterhalb München gelegenen Städte und Dörfer hierdurch in irgend einer Art belästigt werden.

Ueber den in Zukunft zu erwartenden Zustand des Flusses, wenn alle Excremente von 200000 Einwohnern abgeschwemmt werden hat v. Pettenkofer auf Grund einer möglichst genauen Rechnung und Erhebung ein klares Bild entworfen, auf welches wir verweisen[1]).

Die Zunahme der einzelnen Stoffe in Flüssen, die als verunreinigt bezeichnet werden, ist eine ganz unverhältnissmässig grössere als diejenige, welche gegenwärtig in der Isar vorhanden ist und in Zukunft sich einstellen kann.

An anderen Orten und unter anderen Umständen ändern sich die Verhältnisse sehr, und drücken sich diese Unterschiede auch deutlich in den quantitativen und qualitativen Veränderungen des Flusswassers aus. Wir wollen einige Beispiele aus den Verhand-

1) Vorträge über Canalisation und Abfuhr von Dr. Max v. Pettenkofer. München 1876, Verlag von Finsterlin. S. 129—134.

lungen der englischen Commission für Verhütung der Verunreinigung der Flüsse anführen.

Die Quellen des Irwell zeigen einen Gesammtgehalt an löslichen Bestandtheilen von 78^{mg} im Liter; oberhalb Manchester beträgt dieselbe bereits 418^{mg} und unterhalb der Stadt sogar 446^{mg}. Für die Quellen des Medlock ist die Menge der genannten Stoffe 128^{mg}; aber bei Manchester findet sich noch vor der Mündung des York-Street-Canals eine Vermehrung um 442^{mg}, indem hier die Quantität der löslichen Bestandtheile 577^{mg} ausmacht.

In den noch nicht influirten Quellen des Irk beträgt der Rückstand 197,8^{mg}, vor seiner Mündung in den Irwell aber 608^{mg}. Im Mersey steigt der Rückstand von der Quelle des Flusses bis nach Stockport um 318,8^{mg}, und bei Warrington noch oberhalb der Stadt beträgt die Rückstandmenge in einem Liter seines Wassers 418^{mg}.

Der Irwell führt unterhalb Manchester 96,3 und der Medlock bei der gleichen Stadt 108^{mg} Chlor. Die Zunahme des Chlors beträgt im Irwell von der Quelle bis oberhalb Bury 31,7, bis unterhalb Manchester 84,8^{mg}. Die Vermehrung des Chlors für den Medlock von seiner Quelle bis nach Manchester stellt sich auf 95,4^{mg} pro Liter.

Wenn es sich nun bei den englischen Flüssen um so kolossale Grössen handelt, darf man dieselben in allen Fällen unbedingt als warnendes Exempel citiren, und auch in dem Falle, wenn es sich um die Frage handelt, ob man der Isar alles Abwasser der Stadt München und auch die Fäcalien übergeben dürfe, ist es denkbar, dass die Isar bei München je in gleicher Weise verunreinigt wird, wie z. B. der Irwell bei Manchester? Wir können mit ruhigem Gewissen behaupten, dieser Fall wird nicht eintreten; denn um in der Isar denselben Grad der Verunreinigung hervorzubringen, wie er im Irwell vorhanden ist, dazu gehören, wenn man von den Fabrikabfällen absieht, die Excremente von beiläufig 18 Millionen Menschen!

Von dem Fabrikabwasser haben wir aber noch viel weniger als von den Excrementen und Abfällen des menschlichen Haushaltes eine Verunreinigung der Isar zu erwarten. Abgesehen davon, dass es Mittel giebt, durch welche dasselbe gereinigt und unschädlich

gemacht werden kann, bevor es dem Flusse übergeben wird, ist die Zahl der Fabriken im Flussgebiete der Isar und speciell in München (wie oben Seite 207 gezeigt wurde) zu gering, als dass ihr Abwasser, auch wenn es vorher einem Reinigungsverfahren nicht unterworfen wird, den stattlichen Gebirgsstrom merkbar verunreinigen könnte. Die Industrieabfälle haben wir am wenigsten zu fürchten. Und wesentlich auch in diesem Umstande besteht der Unterschied zwischen den englischen Verhältnissen und den unsrigen; denn gerade das Abwasser der Fabriken war es, welches den schlimmen Zustand in den englischen und auch in vielen französischen Flüssen herbeigeführt hat. Bezüglich der letzteren wollen wir nur die Verunreinigung des Croult und Rouillon zu Saint-Denis anführen. Im Croult waren es besonders Stärkefabriken, durch deren Abwasser die Wasserpflanzen und Fische im Flusse zu Grunde gingen. Vor einigen Jahren war die Verunreinigung der genannten Flüsse so gross, dass auf dem ganzen Laufe derselben die Silbergeräthe und Kochgeschirre in den naheliegenden Häusern durch Schwefelwasserstoff geschwärzt wurden, obgleich man sie sorgsam reinigte und gut verschlossen hielt. Die Mauern der Mühlen nahmen ein bleiiges Aussehen an, wie man es manchmal in schlecht gereinigten Abtritten findet, und im Hôtel Dieux zu Saint-Denis konnte man sich durch kein Mittel vor diesen deletären Ausdünstungen schützen. Der Schwefelwasserstoff verbreitete sich in der ganzen Umgegend[1]).

Dies sind Missstände, wie man sie nicht einmal in unseren kleinsten wirklich verunreinigten Stadtbächen, selbst nicht bei dem fast stagnirenden Wasser des Färbergrabens findet.

Es giebt auch deutsche Flüsse, an welchen sich zeigen lässt, dass die Fabrikabflüsse für das Flusswasser weit gefährlicher sind als das Canalwasser der Städte; in dieser Hinsicht sind zu nennen die Weisseritz, Biela u. a. Auch die Elbe wird durch das Canalwasser von Dresden lange nicht so stark verunreinigt als durch die Müglitz, welche viel Industrieabwasser mit sich führt (Dr. Seifert).

Wir müssen endlich noch sehen, ob es nicht auch noch andere Fälle giebt, die beweisen, dass man den Flüssen unter Umständen

1) Altération, Corruption et Assainissement des Rivières par M. A. Gérardin. Annales D'Hygiène Publique 2. Sér. 43. T. p. 8.

eine beträchtliche Quantität Abwasser zuführen darf, ohne ihr Wasser für den häuslichen Gebrauch unbrauchbar zu machen oder überhaupt die Anwohner ihres Unterlaufes in Beziehung auf Gesundheit, Gewerbe und Industrie zu beeinträchtigen.

Zur Entscheidung dieser Frage finden wir in den zahlreichen von Prof. Nichols ausgeführten, im siebenten Bericht des Gesundheitsrathes von Massachusetts veröffentlichten Flusswasseranalysen und den beigefügten statistischen Erhebungen des Ingenieurassistenten Clark werthvolle Anhaltspunkte.

Wir wollen auf den Inhalt dieses Berichtes (aus dem wir auch einiges dem Wortlaute nach anführen), soweit er über Flussverunreinigung handelt, näher eingehen, weil darüber in einer deutschen Zeitschrift bis jetzt noch nicht referirt wurde und weil man darin Beispiele findet, die beweisen, dass man den Flüssen immerhin eine ansehnliche Quantität von Abfällen übergeben kann, ohne dieselben zu verunreinigen, wenn nur ihre Wassermasse und Geschwindigkeit eine verhältnissmässig grosse ist.

Der Gesundheitsrath von Massachusetts liess fünf Flüsse untersuchen und die Zahl der Bewohner der fraglichen Flussgebiete, sowie die Zahl der an den Flüssen gelegenen Fabriken genau feststellen. Zugleich wurden die gebräuchlichen Fabrikationsprocesse berücksichtigt und die Menge der erzeugten Producte ermittelt, um eine approximative Schätzung der Quantität des Abwassers, welches ebenfalls der quantitativen Analyse unterworfen wurde, zu gewinnen. Ueber die Resultate hat der Ingenieur James Kirkwood berichtet.

Die durch die Analyse gewonnenen Zahlen schildern uns den Zustand der Flüsse an verschiedenen Stellen ihres Laufes getreuer und verlässiger, als es durch Worte geschehen kann.

Der erste der im Berichte besprochenen Flüsse ist der *Blackstone*. Sein Wasser entstammt der Granitformation, welche auch im ganzen Flussthale vorherrscht. Die Bevölkerung des Flussthales ist pro □ Meile grösser als die des Themseflussgebietes oberhalb Hampton, und die Zahl der Fabriken ist drei Mal grösser. Ueber die Grösse des Flusses giebt die folgende Tabelle Aufschluss. Prof. Baumeister[1]) sagt über denselben: „Der Blackstone besitzt nur mässige Bedeutung und kann etwa mit der unteren Strecke der badischen Kinzig, welche

1) Baumeister, die Verunreinigung der Flüsse und amerikanische Beobachtungen darüber. Deutsche Vierteljahrsschrift für öffentl. Gesundheitspflege Bd. VIII S. 492.

bei Kehl in den Rhein mündet, verglichen werden." Er erreicht lange nicht die Grösse unserer Stadtbäche; denn was ist ein tägliches Wasserquantum von 5 Millionen Cubikfuss gegen die 67 Millionen, die z. B. der Schwabingerbach führt!

Wassermenge, Bevölkerung und Fabriken am Blackstone.

Wassermenge bei niederstem Wasserstand Cubikmeter in 24 Stunden bei Blackstone	168 802,704
ditto Secunden-Cubikmeter	1,954
ditto bei Farumsville Cubikmeter in 24 Stunden	84 401,352
ditto Secunden-Cubikmeter	0,977
ditto 1 Meile oberhalb Millbüry Cubikmeter in 24 Stunden	46 053,781
ditto Secunden-Cubikmeter	0,533
Zahl der Fabriken vom Ursprung bis Blackstone	85
Zahl der Fabriken pro engl. □ Meile	0,3
Bevölkerung am Flusse vom Ursprung bis Blackstone 1875	80 638
Bevölkerung oberhalb Blackstone pro engl. □ Meile	292,1

Das Wasser aus dem See Quinsigamond kann als Ursprungsquellwasser des Flusses, welches noch keiner Verunreinigung ausgesetzt war, betrachtet werden.

Milligramme pro Liter.

Datum	Füllungsstellen	Ammoniak	Eiweiss-Ammoniak	Rückstand Organisch	Rückstand Gesammtmenge	Chlor	Organische Substanz
10. Sept.	NorthPond(Quellwasser)	0,107	0,213	18,0	42,0	1,8	29,4
11. „	See Quinsigamond	0,037	0,157	15,6	38,4	1,4	15,2
29. Juli	Mill Brook in der Nähe seiner Mündung in den Blackstone	9,600	1,109	49,6	234,4	38,0	54,7
20. „	Blackstone unterhalb Millbury	—	—	29,6	83,6	9,2	23,3
11. „	Blackstone bei Farumsville	—	—	23,6	66,0	5,4	16,3
10. „	Blackstone River bei Blackstone	0,157	0,163	14,0	46,0	3,6	—

Das Abwasser von Worcester, welches sich durch den Mill Brook in den Blackstone ergiesst, soll nach Clark's Angabe noch 7 Meilen unterhalb der Stadt an der Farbe des Wassers zu erkennen sein; auch soll das letztere einen schlechten Geruch verbreiten. Man muss berücksichtigen, dass der Blackstone hier eine sehr unbedeutende Wassermasse führt. Nichols bemerkt übrigens über diesen Theil des Flusses, dass das schmutzige Aussehen desselben durch die Beschaffenheit des Flussbettes an dieser Stelle bedingt sei. Besonders ungünstig wirken die Fabriken auf den Fluss ein, da sie fast sämmtlich Abfallstoffe animalischen Ursprunges abschwemmen. Sie sind aber nicht im Stande,

das Flusswasser dauernd zu verunreinigen. Wenn sich ihr Abwasser mit der Flusswassermasse vollständig gemischt hat, dann verschwindet auch die Verunreinigung, die sie in einem Theile der Wassermasse veranlasst haben. An diesen vorübergehend verunreinigten Stellen trinkt das Vieh das Wasser nicht mehr, dasselbe kann nicht einmal zum Scheuern benutzt werden, und Leute, welche im Flusse einige Zeit arbeiten müssen, geben an, dass das Wasser ihre Gesundheit benachtheilige. Auf solche Angaben darf man übrigens keinen grossen Werth legen; denn es ist bekannt, wie oft die Leute gleichzeitig auftretende Naturphänomene und Ereignisse ohne Weiteres in ätiologischen Zusammenhang bringen, wenn auch ein solcher nicht existirt. Der Report begnügt sich damit, durch die Ausführungen des Herrn Clark den Zustand des Flusses an jenen Stellen zu illustriren, an welchen derselbe temporär am meisten verunreinigt ist.

An jenem Punkte des Flusses, an welchem die Leute das Wasser für gesundheitgefährlich halten, beträgt die Rückstandmenge 83,6, der Chlorgehalt 9,2 mg pro Liter. Der Fluss führt hier nur 1½ Millionen Cubikfuss Wasser in 24 Stunden, hat aber bereits den grössten Theil des Abwassers von 49465 Anwohnern und die Abfälle von 41 Fabriken (meist Woolen und Cotton Mills) aufgenommen, wobei jedoch die Zahl der übrigen Bewohner des Flussgebietes (48500) nicht berücksichtigt ist.

Schon eine Meile unterhalb dieser Stelle ist durch den Zufluss des Dorotheabaches, sowie durch vollständigere Mischung des Abwassers mit dem Flusswasser die Rückstandmenge auf 72 mg, der Chlorgehalt auf 7,4 mg herabgegangen. Bei Farumsville, nachdem der Bach Quinsigamond das Flusswasser weiter verdünnt hat, beträgt der Rückstand 66 mg, und bei Blackstone führt der Fluss nur 4 mg feste Stoffe und 1,8 mg Chlor pro Liter mehr als an seiner Quelle, so dass, nach dem Resultat der chemischen Analyse, das Wasser dieses Flusses in seinem Unterlaufe zum Trinken und für andere Zwecke sehr wohl verwendbar ist.

An dieser Stelle hat nun aber, wie der Bericht weiter ausführt, der Fluss das Abwasser der Stadt Worcester (2000000 Gallonen), die flüssigen Abfallstoffe von 36 Woll- und Baumwollfabriken, 6 Eisenwerken, einer Gerberei und eines Schlachthauses (etwa 2500000 Gallonen) und die Sewage von 14400 Arbeitern (36000 Gallonen), somit also 4½ Millionen Gallonen = 17173,275 cbm Abwasser pro Tag aufgenommen. Zu Blackstone schätzt man die Wassermasse des Flusses bei niederem Wasserstande auf 5961000 engl. Cubikfuss = 168785,71 cbm pro Tag. Diese Quantität schliesst aber die oben abgeschätzte verunreinigte Flüssigkeitsmenge ein. Wir haben also 5355092 engl. Cubikfuss = 151627,646 cbm reines Wasser gemischt mit 606508 engl. Cubikfuss = 17173 cbm stark verunreinigter Flüssigkeit. Die Canal- und Abwasser erreichen nach dieser Berechnung nahezu 10% des Flusswasserquantums bei Blackstone, „ein Grad von Verunreinigung, von dem man annehmen darf, dass er dieses Wasser unbrauchbar macht". Als die Proben zur Analyse genommen wurden, führte der Strom etwa das Doppelte jener Wasserquantität, die bei niedrigstem Wasserstande auf den Tag trifft, so dass sich also ein Verhältniss des Abwassers zur Flusswassermasse von 5 : 100 ergiebt. Der gleiche Procentgehalt an Abwasser berechnet sich für die Seine bei Paris, nachdem die grossen Sammelcanäle ihre schmutzigen Massen dem Flusse zugeführt haben. Bei Paris ist bekanntlich der Fluss in kolossalem Grade verunreinigt, sein Wasserspiegel, auf welchem zahllose Gasblasen (oft mit einem

Durchmesser von 1 m) auftauchen und platzen, ist mit übelriechendem und fettigem Schmutze bedeckt. Der Sauerstoffgehalt des Flusswassers, welcher oberhalb der Hauptstadt 9,3 ccm für den Liter beträgt, sinkt nach der Einmündung des Canalwassers auf 1,02 ccm.

In ähnlichem Zustand müsste sich der Blackstone an genannter Stelle befinden, wenn er wirklich alles Abwasser, welches er von seinem Ursprung bis zum Orte Blackstone aufgenommen hat, noch enthielte. Sein Wasser wird aber an dieser Stelle getrunken und ist zu häuslichen und gewerblichen Zwecken brauchbar. Die chemische Analyse ist kaum im Stande, einen Unterschied zwischen dem Flusswasser an dieser Stelle und dem Ursprungsquellwasser nachzuweisen.

Es ist deshalb der Schluss ganz gerechtfertigt, „dass das Blackstone-Flusswasser während eines Laufes von 20 Meilen den grössten Theil der Canalwasserverunreinigung verloren hat". Der Gehalt an organischer Substanz hat bedeutend abgenommen, und diese Abnahme lässt sich nicht aus der stattgehabten Verdünnung durch seitliche Zuflüsse erklären, da sonst eine proportionale Verminderung des Chlors eingetreten sein müsste, was nicht der Fall ist.

Auch im Wasser der Seine ist, wenn dasselbe bei Meulan ankommt, „alle Verunreinigung von Paris her verschwunden und sowohl durch Augenschein als durch die chemische Analyse nichts mehr davon bemerkbar".

Diese Thatsachen stehen im Widerspruch mit Frankland's Angabe, dass eine spontane Reinigung des Flusswassers selbst nach einem sehr langen Laufe nicht eintrete.

Neponset River.

Der Neponset River führt, selbst kurz vor seiner Mündung, nachdem er den Mother Brook schon aufgenommen hat, eine 3 Mal geringere Wassermasse als einer unserer kleineren Stadtbäche, der Glockenbach. Die Zahl der Fabriken ist aber pro engl. □Meile im Flussthale des Neponset eine grössere als die im Blackstone-Flussgebiet.

Wassermenge, Fabriken, Bevölkerung (Neponset River).

Wassermenge bei niederem Wasserstand kurz vor der Mündung Cubikmeter in 24 Stunden	92 621,309
ditto Secunden-Cubikmeter	1,072
ditto vor Einmündung des Mother Brook Cubikmeter in 24 Stunden	48 683,678
ditto Secunden-Cubikmeter	0,563
Zahl der Fabriken vom Ursprung bis zur Mündung	52
Zahl der Fabriken pro engl. □ Meile	0,450
Bevölkerung am Flusse vom Ursprung bis zur Mündung	23 413

„Das Wasser dieses Flusses wird zum Trinken nicht verwendet. Keine der am Flusse gelegenen Ortschaften hat Sewers. In allen Theilen des Flusses finden sich Fische in grosser Zahl und Mannigfaltigkeit. Nur zu Walpole werden Klagen laut, dass die Fabriken der Nachbarschaft den Fluss so hochgradig verunreinigt haben, dass alle Fische vertilgt wurden. Pferde und Rindvieh trinken das Wasser an allen Theilen des Flusses."

Die Analyse des Wassers ergab folgende Resultate:

Milligramme pro Liter.

Datum	Füllungsstellen	Ammoniak	Eiweiss-Ammoniak	Rückstand		Chlor	Sauerstoff zur Oxydation der organischen Substanz
				Organisch	Gesammtmenge		
6. Aug. 1875	Neponset bei S. Walpole (Quellwasser)	0,085	0,325	19,2	37,6	2,7	7,92
6. " "	Neponset bei Tiltonville	0,052	0,171	27,6	50,4	3,8	11,65
6. " "	Neponset bei E. Walpole	0,075	0,149	21,2	48,8	3,6	6,64
7. " "	Neponset zwischen S. Canton u. Dedham	0,085	0,192	20,4	50,4	5,0	7,25
6. " "	Neponset vor der Verbindung mit dem Moother Brook .	0,080	0,197	19,2	50,4	5,1	6,84
6. " "	Neponset vor seiner Mündung . . .	0,123	0,160	21,6	55,6	4,8	6,68

Obgleich an diesem unbedeutenden Flusse 52 Fabriken sich befinden, welche 3328 Arbeiter beschäftigen und die Zahl der Uferbewohner 23413 beträgt, unterscheidet sich das Wasser im Unterlaufe kaum merkbar vom Ursprungsquellwasser. Im Gehalt an organischer Substanz ist sogar von der Quelle bis zur Mündung des Flusses eine stetige Abnahme bemerkbar.

Charles River.

Der Charles führt nur um Weniges mehr Wasser als der Neponset. Die vorherrschende Gesteinsformation im Flussgebiet ist Granit. Der Lauf des Flusses ist sehr langsam, so dass man an manchen Stellen durch blossen Anblick nur schwer entscheiden kann, nach welcher Richtung das Wasser fliesst.

Wassermenge, Fabriken, Bevölkerung.

Wassermenge bei Watertown in 24 Stunden Cubikmeter	96486,647
ditto Secunden-Cubikmeter	1,116
Zahl der Fabriken	43
Zahl der Fabriken pro engl. □ Meile	0,120
Bevölkerung vom Ursprung bis Watertown 1875	71153

Das Resultat der Analyse war folgendes:

Milligramme pro Liter.

Datum	Füllungsstellen	Ammoniak	Eiweiss-Ammoniak	Rückstand		Chlor	Sauerstoff zur Oxydation der organischen Stoffe
				Organisch	Gesammtmenge		
1. Oct. 1875	East Holliston Pond (reinesFlusswasser)	0,083	0,208	14,8	39,2	3,6	—
31. Aug. „	Charles River bei Medway	0,120	0,229	23,2	50,4	4,0	6,35
1. Oct. „	Charles River nach Einmündung des Mill River . . .	0,069	0,187	14,8	46,4	4,8	—
24. Aug. „	Charles River unterhalb Bellingham .	0,059	0,299	30,0	62,0	3,5	9,90
31. „ „	Charles River bei Dedham	0,096	0,328	27,2	54,0	3,6	8,68
31. „ „	Charles River oberhalb Newton . .	0,080	0,293	29,2	56,0	4,0	10,43

Unterhalb Natik ist das Flusswasser in seiner chemischen Zusammensetzung wenig alterirt. Zwischen Watertown und Boston kommt viel Abwasser aus Boston, Cambridge und anderen Orten in den Fluss. Der jährliche Bevölkerungszuwachs in diesem Theil des Flussgebietes ist ein bedeutender, und die Abwasserzufuhr nimmt von Jahr zu Jahr zu. „Man geht daher mit der Absicht um, den Strom unterhalb Natik lediglich als Abzugscanal zu verwenden, während oberhalb dieses Punktes das Wasser so viel als möglich von Verunreinigung frei gehalten werden soll, um mit demselben die Städte des Oberlaufes versorgen zu können.“

Der Bericht hebt ausdrücklich hervor, dass das Wasser des Charlesflusses oberhalb Newton, wenn gehörig filtrirt, für den häuslichen Gebrauch geeignet sei, obgleich der Strom das Abwasser von 43 Fabriken aufgenommen hat und in dieser Hinsicht sich beinahe im gleichen Zustand befindet wie die Themse oberhalb London, während dagegen das Flussgebiet des Charles eine dichtere Bevölkerung pro □ Meile besitzt als jene der Themse.

Noch günstigere Resultate für die Veränderungen des Flusswassers, vom Ursprung bis Newton, haben die im Jahre 1870 ausgeführten Analysen ergeben [1]).

1) Report of the Medical Commission upon the Sanitary Qualities of the Sudbury Mystic etc. Boston 1874.

Chicopee River.

Der grösste der untersuchten Flüsse ist der Chicopee; er führt vor seiner Mündung in den Connecticut 12419827 engl. Cubikfuss = 351667,401 cbm Wasser im Tage oder 4,070 cbm pro Sec., also etwas mehr als unser Glockenbach, aber weniger als der Stadtsägmühlbach. Er beweist, dass selbst ein Fluss von so untergeordneter Grösse viel Schmutz aufnehmen kann, ohne dass man in seinem Wasser überhaupt etwas davon merkt. An diesem Flusse befinden sich nämlich 125 Fabriken, wovon 72 gefährlicher Art — Wollen-, Baumwollenfabriken, Gerbereien u. dgl. — direct ihre Abfallstoffe abschwemmen. Die Zahl der Bewohner im Flussgebiet beträgt 55015; aber nur etwa 15000 leiten ihre Abfälle direct in den Bach. Die Fische sind zahlreich, und Pferde und Rindvieh trinken das Flusswasser.

Die Analyse des Wassers ergab:

Milligramme pro Liter.

Datum	Füllungsstellen	Ammoniak	Eiweiss-Ammoniak	Rückstand		Chlor	Sauerstoff zur Oxydation der organischen Stoffe
				Organisch	Gesammtmenge		
9. Aug. 1875	Ware River reines Quellwasser . .	0,075	0,227	29,6	57,2	1,6	16,0
22. Juli „	SwiftRiver noch nicht verunreinigt . .	0,053	0,128	18,8	35,2	0,8	4,32
22. „ „	Swift River unterhalb Enfield . .	0,093	0,165	21,6	44,4	0,9	5,36
22. „ „	Chicopee River nach Einmündung des Three River . .	0,064	0,115	23,2	48,0	1,1	5,08
10. „ „	Chicopee River vor der Mündung in den Connecticut .	0,112	0,155	20,8	50,8	1,2	4,98
21. „ „	Connecticut River .	0,085	0,139	16,8	61,2	0,9	3,93
7. Aug. „	Quaboag River unterhalb West Warren	0,059	0,107	18,8	44,4	1,7	5,64

Durch die chemische Analyse kann somit eine durch die genannten Adjacenten hervorgebrachte Veränderung des Wassers nicht nachgewiesen werden; man würde daher gewiss nicht im Interesse der Gesundheit handeln, wollte man die fernere Einleitung des Abwassers in den Fluss gesetzlich verbieten.

Tauton River.

Die eingehendste Untersuchung erfuhr der Tauton River, indem 47 Wasserproben chemisch untersucht wurden. Er hat die Grösse unseres Glockenbaches und wird so wenig verunreinigt wie der Chicopee. Die Zahl der Fabriken ist zwar im Tauton Flussgebiet eine grössere, nämlich 146 mit 6086 Arbeitern; darunter sind jedoch 30 Eisenwerke, und diese beschäftigen 3317 Personen. Das Abwasser solcher Fabriken enthält:

Milligramme pro Liter.

Gelöste Stoffe	Organische Kohlenstoffe	Organischer Stickstoff	Chlor	Arsenik	Suspendirte Stoffe
837,4	1,04	0,29	26,5	0,48	147,8

Diese Flüssigkeit wirkt fast gerade so verunreinigend wie Canalwasser.

Die Einwohnerzahl der Ortschaften, welche in den Fluss entwässern, beträgt 36 753. Die Zahl der Bewohner des Tauton-Flussgebietes ist 65 482. Der Fluss führt in seinem Unterlaufe 9 655 200 engl. Cubikfuss = 273 386,988 cbm Wasser in 24 Stunden oder 3,164 Sec.-cbm.

Ergebnisse der Analyse.
Milligramme pro Liter.

Datum	Füllungstellen	Ammoniak	Eiweiss-Ammoniak	Rückstand		Chlor	Sauerstoff zur Oxydation der organischen Substanz
				Organisch	Gesammtmenge		
17. Aug. 1875	Reines Wasser aus d. Leaches Stream .	0,043	0,171	21,6	45,6	2,8	8,15
20. " "	Reines Wasser aus d. Monponset Pond .	0,133	0,171	23,6	47,6	4,4	1,98
30. Juli 1875	Tauton River bei East Tauton . .	0,069	0,235	25,6	53,2	4,2	13,59
28. " "	Tauton River bei Tauton	0,080	0,208	25,6	56,4	4,0	14,38
29. " "	Tauton River nach Einmündung des Little River . .	0,067	0,240	23,2	51,2	3,4	9,88
4. Aug. 1875	Tauton bei North Digthon	0,085	0,197	43,2	160,0	55,0	10,12

Das Resultat der Analyse ist ein sehr günstiges, und obgleich der Fluss viel Abwasser aufnimmt, wird er zur Wasserversorgung der Stadt Tauton, welche 20000 Einwohner hat, empfohlen, da sein Wasser bei dieser Stadt besser ist als alles Quell- und Brunnenwasser, dessen sich die Stadt bisher bediente. Bei North Digthon ist der Fluss der Meeresfluth ausgesetzt, daher der hohe Rückstand und Chlorgehalt, der in der dort genommenen Probe gefunden wurde.

Die gewöhnlichen Flussfische findet man überall im Flusse und selbst in dem unbedeutenden Three Mill River, obgleich dieser das Abwasser mehrerer Fabriken, darunter auch jenes der Gasfabrik von Tauton, aufnimmt.

In ähnlicher Weise wie die eben besprochenen Flüsse verhalten sich auch der Merimack, der Sudbury, Mystic und Shawshine. (Cf. Report of the Med. Commission upon the Sanitary Qualities of the Sudbury etc. Boston 1875. City Doc. No. 102, und: Nichols, on the Present Condition of Certain Rivers of Massachusetts. Boston 1874.)

Auf den übrigen Theil von Kirkwood's Bericht, der die Ansicht zu begründen sucht, dass verunreinigtes Trinkwasser bei Typhus- und Cholera-Epidemieen von ätiologischer Bedeutung sei, gehen wir nicht näher ein, weil er durchaus nichts Neues enthält und nichts weniger als überzeugend ist. Die Argumentation besteht lediglich in der Recapitulation jener Ansichten, welche bereits früher von englischen „Trinkwassertheoretikern“ über die Epidemie von Ostlondon im Jahre 1866 entwickelt wurden.

Unbegreiflich ist es, wie man allerseits immer wieder auf die Ostlondoner Epidemie zurückkommt, um sie als Beweis für die Richtigkeit der Trinkwasserhypothese zu verwerthen, ohne die schwerwiegenden Einwürfe zu berücksichtigen, welche von den Gegnern jener Lehre, von v. Pettenkofer und Letheby, geltend gemacht wurden.

Schon Letheby hatte darauf aufmerksam gemacht, wie unwahrscheinlich die Annahme sei, dass die beiden Cholerastühle von Bromley, durch die Wassermasse des Flusses Lea verdünnt, nach ihrer Filtration durch ein dickes Ufer die Infection hätten verursachen können.

v. Pettenkofer hat dann über allen Zweifel nachgewiesen, dass das Trinkwasser in der That nicht die Ursache der Epidemie von 1866 in Ostlondon abgegeben haben konnte. „Während Bromley, Poplar, Stepney und Limehouse durch das verunreinigte Wasser angeblich inficirt wurden, hatte Stamford-Hill, welches nur verunreinigtes Wasser erhielt, keine Epidemie, und auf dem linken Lea-

ufer, welches mit dem gleichen Wasser versorgt wurde, trat dieselbe nur in ein paar vereinzelten Strichen und auch da verhältnissmässig gelinde auf.“ „Aber nebstdem war die Krankheit besonders stark an Plätzen, wo das verdächtige Wasser niemals gebraucht wurde.“ (Cf. Dr. Max v. Pettenkofer, Boden und Grundwasser in ihren Beziehungen zu Cholera und Typhus. Zeitschrift für Biologie Band V.)

Wenn wir einmal eine grössere Zahl von Analysen solchen Flusswassers besitzen, in welchem grössere Mengen von Abwasser abgeschwemmt werden, dann werden wir im Stande sein, auf Grund der Erfahrung Grenzwerthe festzustellen, die angeben, um wie viel ein Flusswasser an gewissen Stoffen zunehmen darf, ohne dass der Reinlichkeitssinn verletzt und Gesundheit, Gewerbe, Industrie und Fischzucht geschädigt wird.

Wir dürfen schon jetzt die Zunahme an verunreinigenden Stoffen, wie sie der amerikanische Bericht im Unterlaufe der besprochenen Flüsse constatirt, als zulässige Werthe acceptiren, da ja das Wasser dieser Flüsse, wenigstens das des Blackstone, Charles und Tauton im Unterlaufe ohne Schaden getrunken und zu gewerblichen Zwecken verwendet wird.

Die einzelnen Flüsse zeigten folgende Zunahme im Gehalt an Rückstand und Chlor während ihres Laufes von der Quelle bis zur Mündung.

Milligramme pro Liter.

Name des Flusses	Rückstand	Chlor
Blackstone	7,6	2,2
Neponset	18,0	2,1
Charles	16,8	0,4
Chicopee	15,6	0,0
Tauton	5,6	0,6

Es wurde oben schon durch Berechnung nachgewiesen, dass selbst nach Jahrzehnten und auf eine noch längere Dauer hinaus durch Abschwemmung der Excremente von Münchens Einwohnern,

wenn auch deren Zahl über alle Erwartung rasch zunehmen würde, die Isar nicht verunreinigt werden kann. Dass noch weniger von der Entwicklung der Industrie am Flusse schlimme Folgen für sein Wasser zu erwarten sind, das beweist der Zustand der eben besprochenen Flüsse im Staate Massachusetts.

Wird überhaupt jemals die Zeit kommen, dass z. B. in unseren relativ kleinen Glockenbach, der die gleiche Wassermenge führt wie der Tauton, 146 Fabriken, wie dies beim Tauton der Fall ist, ihre Abfallstoffe werfen werden? Und wenn auch dieser Fall einmal eintreten sollte — es würde dadurch im Glockenbach so wenig eine Verunreinigung des Wassers hervorgebracht werden wie im Tauton.

Wir können auf Grund unserer Untersuchungen mit Bestimmtheit versichern, dass durch die vollständige Canalisation Münchens, auch wenn alle Excremente, Haus- und Fabrikabwasser abgeschwemmt werden, eine Verunreinigung des Flusses, die zu irgend welchen begründeten Klagen Veranlassung geben könnte, nicht eintreten wird.

Ueber die Verdauung in den einzelnen Abtheilungen des Verdauungscanales beim Schafe.

Von

Prof. Dr. **M. Wilckens** in Wien.

Herr Dr. E. Wildt, früher Assistent der Versuchsstation Proskau, hat im 1. Hefte des Göttinger Journals für Landwirthschaft vom Jahre 1874 eine Abhandlung veröffentlicht „über die Resorption und Secretion der Nahrungsbestandtheile im Verdauungscanal des Schafes". Da diese Abhandlung zugleich eine Kritik enthält meiner Göttinger Habilitationsschrift: „Untersuchungen über den Magen der wiederkäuenden Hausthiere", Berlin 1872, so halte ich mich berufen, die Arbeit des Herrn Wildt einer besonderen Aufmerksamkeit zu würdigen. Dass meine Aeusserung über jene Arbeit erst jetzt an die Oeffentlichkeit tritt, hat seinen Grund darin, dass ich die Absicht hatte, die gleiche Untersuchungsmethode wie Herr Wildt zu verfolgen, die nach dem ersten Eindruck mich für sie einnahm. Um meine Untersuchung indessen nicht zu sehr auszudehnen, da ich dieselbe nur mit einem Assistenten als Chemiker unternehmen konnte, so glaubte ich mich auf die Untersuchung der Verdauung der Rohfaser beschränken zu sollen. Es schien mir zweckmässig, eine möglichst einfache rohfaserreiche Masse zu verfüttern, und ich wählte dazu die rohe Papierfaser, wie sie nach der vollendeten Bearbeitung der Lumpen entsteht. Mit dieser Masse machte ich im Wintersemester 1874/75 einen Versuch an Schafen. Aber trotz lange fortgesetzter Bemühungen gelang es mir nicht, denselben eine für den Versuch genügende Menge beizubringen, und ich musste daher von dieser Arbeit abstehen. Verschiedene Umstände veranlassten mich dann, morphologischen Arbeiten auf dem Gebiete der Hausthierkunde meine Zeit und

Kraft zuzuwenden, und seit etwa zwei Jahren hat meine fast ausschliessliche Beschäftigung mit der Morphologie und Naturgeschichte der Hausthiere mich von allen physiologischen Arbeiten abgezogen. Da ich nun vorläufig keine Aussicht habe, Herrn Wildt auf dem Wege des Versuches zu folgen, so will ich es doch nicht unterlassen, seiner Arbeit meine kritischen Bedenken entgegenzustellen, weil man sonst aus meinem Schweigen zu seiner Kritik meiner Arbeit auf meine Zustimmung zu den Wildt'schen Folgerungen schliessen könnte.

Herr Wildt ging bei seiner Arbeit von folgenden Betrachtungen aus[1]: „Trotz der Ausscheidung des Kalkes und der Phosphorsäure aus dem thierischen Körper in Gemeinschaft mit den unverdauten Bestandtheilen der Nahrung haben wir dennoch, wegen des bedeutenden Gehaltes aller thierischen Gewebe und Flüssigkeiten an diesen Bestandtheilen, auf eine Assimilation derselben durch den thierischen Körper und Eingehen in den Stoffwechsel schliessen müssen. Mit nahezu der gleichen Bestimmtheit dürfen wir nun die Kieselsäure als verhältnissmässig wenig assimilirbar ansprechen, da der thierische Körper, wie die vorliegenden Analysen ergeben, sehr arm daran ist und auch der Harn, als das Secret, welches die nicht flüchtigen Endproducte des thierischen Stoffwechsels enthält, nur sehr geringe Mengen von Kieselsäure aufweist."

Der Schluss, dass die Kieselsäure wegen ihrer geringen Menge im Thierkörper nur wenig assimilirbar ist, auf den sich die ganze Arbeit Wildt's stützt — ist ohne genaue Untersuchung nicht gerechtfertigt, da wir Nahrungsbestandtheile kennen, die ebenfalls nur in sehr geringer Menge den organischen Bestand des Körpers bilden und gleichwohl in grosser Menge assimilirt werden — das sind die Kohlehydrate. Wahrscheinlich entsteht aus denselben nur das in der Leber und in den willkürlich beweglichen Muskeln vorkommende Glykogen[2]). Zur Zeit der Lactation bildet auch der Milchzucker einen Abkömmling der Kohlehydrate der Nahrung.

1) a. a. O. S. 3.

2) Nach der Ansicht Anderer entsteht das Glykogen aus dem stickstofffreien Paarling der zersetzten Eiweissstoffe.

Da der thierische Organismus, abgesehen vom Zustande der Lactation, an Kohlehydraten demnach sehr arm ist, so müsste man nach Wildt's Ansicht auch die Kohlehydrate „als verhältnissmässig wenig assimilirbar ansprechen".

Die Voraussetzung der „geringen Assimilirbarkeit der Kieselsäure", deren Assimilationsfactor Herr Wildt gleich Null setzt, ist das Fundament seiner Arbeit; aber dieses Fundament trägt nicht einmal die ganze Arbeit Wildt's, denn am Schlusse derselben sieht er sich genöthigt, seine Voraussetzung wieder zu verwerfen.

Wir wollen nun den Gang der Wildt'schen Arbeit verfolgen und am Schlusse dieser Kritik die grosse Bedeutung der vorliegenden Frage für die landwirthschaftliche Praxis ins Auge fassen.

Angenommen, dass die Voraussetzung der Nicht-Assimilirbarkeit der Kieselsäure richtig wäre, dann wäre auch die folgende Begründung der Wildt'schen Untersuchungsmethode richtig. Wildt sagt[1]):

„Es muss derjenige Theil des Verdauungscanales, in welchem eine Resorption der Phosphorsäure und des Kalkes stattfindet, in seinem Inhalte ein weiteres Verhältniss dieser Stoffe zur Kieselsäure aufweisen, als dasselbe im Futter ist. Ebenso muss das engere oder weitere Verhältniss der Kieselsäure zu den übrigen Mineralstoffen, sowie zu den organischen Bestandtheilen der Nahrung, auch die geringere oder grössere Resorption derselben in den betreffenden Theilen des Darmcanales anzeigen. Bei der Berechnung der Resorptionsgrösse der verschiedenen Nahrungsbestandtheile in den einzelnen Theilen des Darmcanales kann man daher in der Art verfahren, dass man aus dem Kieselsäuregehalte der Contenta der einzelnen Theile des Verdauungscanales die diesem Inhalte entsprechende ursprüngliche Nahrung berechnet; aus dem Vergleiche mit dieser ergiebt sich dann, wie viel von den einzelnen Bestandtheilen der Nahrung resorbirt worden ist."

Herr Wildt fütterte zwei einjährige Hammel durch 10 Tage mit 1^{kg} Heu pro Tag und Kopf, wovon beide Thiere während dieser Zeit pro Tag zusammen 1982^{g} lufttrockene = 1718^{g} wasserfreie Substanz zu sich nahmen. Ausserdem bekamen sie zur

1) a. a. O. S. 3.

Tränke destillirtes Wasser, aber kein Kochsalz. Nach 10 Tagen wurden die Hammel geschlachtet und die lufttrockene und wasserfreie Substanz des Inhaltes der vier Magen- und der vier Darmabtheilungen bestimmt. Die wasserfreie Substanz des Gesammt-Magen- und Darminhaltes beider Thiere betrug 1535,38g. Sowohl im vorgelegten Heu, wie in dem Inhalte vom Magen und Darm wurden durch die chemische Analyse direct bestimmt: Rohfaser, stickstoffhaltige Substanz, Asche, und von letzterer Kieselsäure, Kali, Natron, Kalk, Magnesia, Eisenoxyd, Phosphorsäure, Schwefelsäure, Chlor; den nicht analysirten Rest bildeten stickstofffreie Extractstoffe und Fett. Die Gesammtasche in der wasserfreien Substanz des Heues betrug 7,84% und die Kieselsäure darin 2,258%. Um die Kritik über die Wildt'sche Arbeit nicht unnöthigerweise auszudehnen, werde ich mich in der Verfolgung der einzelnen Nährstoffe im Darmcanale bloss auf Kieselsäure (SiO_2) und Rohfaser (Rf) beschränken. Von letzterer waren in der wasserfreien Substanz des Heues enthalten 27,85%. SiO_2 und Rf verhielten sich in der wasserfreien Substanz des Heues also wie 1 : 12,334. Wenn man mit diesem Factor die in den verschiedenen Abschnitten des Verdauungscanales gefundenen Mengen von SiO_2 multiplicirt, so erhält man das Soll von Rf; die in den einzelnen Abschnitten gefundenen Mengen von Rf davon abgezogen, ergiebt demnach den verdauten Theil der Rf. Nehmen wir diese Rechnung vor nach den von Herrn Wildt in den einzelnen Abschnitten des Verdauungscanales gefundenen Mengen an SiO_2 und Rf, so ergiebt sich folgendes:

Tabelle I.

	Gefunden SiO_2 in g	Soll an Rf in g	Gefunden Rf in g	Verdaute Rf in g	Verdaute Rf in %
I. und II. Magen	29,700	366,32	336,41	29,91	8,16
III. „	2,707	33,38	20,07	13,31	39,87
IV. „	1,891	123,32	15,16	8,16	34,99
Dünndarm	3,587	44,24	22,40	21,84	49,36
Blinddarm	11,498	141,81	62,10	79,71	56,28
Grimmdarm	2,113	26,06	12,61	13,45	51,61
Mastdarm	5,943	73,30	35,06	38,24	53,53
Summe . .	57,439	708,43	503,81	204,62	

Beim Vergleiche vorstehender Tabelle mit den von Herrn Wildt selbst berechneten Zahlen des Soll an Rf wird man vom Dünndarm an Verschiedenheiten zwischen meinen und den Wildtschen Zahlen finden. Die geringe Differenz beim Dünndarm und Blinddarm beruht bei Wildt wohl auf Ungenauigkeiten der Berechnung. Die stark abweichenden Zahlen für den Grimm- und Mastdarm aber hat Herr Wildt auf eine, nach meiner Ansicht unzulässige Weise corrigirt. Ich werde sogleich angeben, wie er dies gemacht hat, nachdem ich aus vorstehender Tabelle einige Folgerungen gezogen haben werde.

Es sind also im ganzen Verdauungscanale gefunden worden: 57,439g SiO_2, entsprechend 708,43g Rf[1]). Da im 24stündigen Futter nur eingenommen sind 38,792g SiO_2 und 478,46g Rf, so ist im ganzen Verdauungscanale um 48,1% Futter mehr vorhanden, als in 24 Stunden aufgenommen ist, bezw. es ist im ganzen Verdauungscanale das Futter von 35,54 oder rund 36 Stunden[2]) vorhanden. Von dem Soll von 708,43g Rf ist gefunden 503,81g, es sind also verdaut 204,62g Rf oder 28,88%. Auffallend ist die starke Rohfaserverdauung des dritten Magens (wo aber bekanntlich gar keine Verdauungssäfte abgesondert werden) und im Grimm- und Mastdarm, deren Aufsaugungsvermögen wahrscheinlich gering ist. Trotz der auffallenden Thätigkeit dieser drei Darmabschnitte sind im Gesammtverdauungscanale doch nur 28,88% der aufgenommenen Rohfaser verdaut worden, während aus den Fütterungsversuchen der agriculturchemischen Versuchsstationen die Rohfaserverdauung bei Schafen sich durchschnittlich auf 60% berechnet.

Herr Wildt berechnet ferner, wie viel von dem in 24 Stunden aufgenommenen Futter in den einzelnen Abschnitten des Verdauungscanales vorhanden sein soll; er will damit, unter der Voraussetzung gleichmässigen Fortrückens, den Auf-

---

1) Die directe Berechnung, nämlich 57,439 $SiO_2 \times 12,334$ ergiebt 708,45 Rf. Die Differenz in der zweiten Decimale ergiebt sich aus dem Ausgleichen der Decimalen in den einzelnen Rechnungen.

2) Auf Grund dieser Rechnung setzt auch Wildt die Gesammtverdauung des Heues auf 36 Stunden fest, was aber, wie sich aus Folgendem ergeben wird, auf einer irrigen Annahme beruht.

enthalt des nach Abgang des Verdauten noch verbleibenden Restes an Rf in den einzelnen Abschnitten des Verdauungscanales bestimmen.

In dem in 24 Stunden von beiden Thieren aufgenommenen Heu sind enthalten: 38,792g SiO_2 und 478,46g Rohfaser. Im 1. und 2. Magen sind enthalten 29,700g SiO_2; folglich verhält sich der SiO_2-Gehalt des 1. und 2. Mageninhaltes zu dem SiO_2-Gehalte des 24stündigen Futters wie 1 : 1,306. Multipliciren wir mit diesem Factor den im 1. und 2. Magen gefundenen Rohfaserbetrag, so ergiebt sich das Soll an Rf vom 24stündigen Futter im 1. und 2. Magen: nämlich 336,41 $\times$ 1,306 = 439,35 Rf. Wenn man in dieser Weise den Rf-Inhalt der einzelnen Abschnitte des Verdauungscanales berechnet, so lässt sich die Abnahme oder Zunahme (im Falle Rf secernirt sein sollte) der Rohfaser von einem Abschnitte zum andern verfolgen und die Verdauung derselben feststellen. Die Berechnung des Bestandes an Rf ist für alle Abschnitte des Verdauungscanales von mir vorgenommen.

Tabelle II.

	Verhältniss der SiO_2 im Darm und im 24stündigen Futter	Soll an Rf v. 24stünd. Futter in g	Zu- oder Abnahme[1]) an Rf in g
I. und II. Magen	1: 1,306	439,35	— 39,11
III. "	1 : 14,330	287,60	— 151,75
IV. "	1 : 20,514	310,99	+ 23,39
Dünndarm	1 : 10,815	242,26	— 68,73
Blinddarm	1: 3,374	209,53	— 32,73
Grimmdarm	1 : 18,359	231,51	+ 21,98
Mastdarm	1: 6,527	228,84	— 2,67
		1950,08	

Aus vorstehender Tabelle ergiebt sich zunächst, dass die Summe der Rohfaser im ganzen Verdauungscanale sich auf 1950,08g berechnet, und da in 24 Stunden im Futter nur 478,46g Rohfaser

1) Die Zahlen dieser Columne beziehen sich auf die Zu- oder Abnahme der Rf im Vergleich zum vorhergehenden Abschnitt des Verdauungscanales, beim 1. und 2. Magen aber im Vergleich zum Rf-Gehalt des aufgenommenen Heues (478,46g).

aufgenommen waren, so berechnet sich die Rohfasermenge im Verdauungscanale, bezw. die Aufenthaltsdauer des Futters im ganzen Verdauungscanale, auf etwas über 4 Tage (genau 4,08 Tage), während Herr Wildt, gestützt auf die Voraussetzung der Nicht-Assimilirbarkeit der Kieselsäure, aus dem Inhalte des ganzen Verdauungscanales die Zeit der Verdauung nur auf 36 Stunden berechnet hat. Aber offenbar hatte Herr Wildt verdautes und nicht- oder nur theilweise verdautes Futter vor sich. Beides zusammen war, wenn man jene Voraussetzung zugeben will, durchschnittlich 36 Stunden alt. Aus vorstehender Tabelle ergiebt sich, ebenfalls gestützt auf die Voraussetzung der Nicht-Assimilirbarkeit der Kieselsäure, jedoch eine ganz andere und, wie ich glaube, die richtige Rechnung für die Dauer der Verdauung. Wenn wir nämlich annehmen, dass beide Hammel fortwährend täglich zusammen 478,46g Rohfaser zu sich nahmen, so rückt diese Masse in den einzelnen Abschnitten des Verdauungscanales, entsprechend den Zahlen der 2. Columne, fortwährend vor, bis sie im Mastdarm sich auf 228,84g verringert hat. In allen Abschnitten des Verdauungscanales sind also zusammen 1950,08g Rohfaser enthalten, was dem Futter von etwas über 4 Tagen entspricht.

Aus vorstehender Tabelle erfahren wir ferner einen sehr starken Abgang an Rohfaser im 3. Magen und eine Wiederzunahme im 4. Magen. Auch im Grimmdarm steigert sich der Rohfasergehalt. Aus diesen Zahlen müssen wir schliessen, dass die stärkste Rohfaserverdauung im 3. Magen stattfindet und dass im 4. Magen und im Grimmdarm Rohfaser secernirt wird. Da aber eine Secretion von Rohfaser d. h. eine Rohfaserabsonderung des thierischen Organismus absolut unmöglich ist, so ergiebt sich schon aus der berechneten absoluten Zunahme der Rohfaser im 4. Magen und im Grimmdarm die Unrichtigkeit der Voraussetzung von der Nicht-Assimilirbarkeit der Kieselsäure, worauf sich jene Rechnung stützt, oder auch die Unrichtigkeit der Voraussetzung des gleichmässigen Fortrückens des Futters, was wir später in Betracht ziehen wollen.

Wie verhält sich nun Herr Wildt diesem unerwarteten Ausgange seiner Rechnung gegenüber? Die Zunahme der Rohfaser

im 4. Magen wird deshalb nicht ersichtlich, weil in der Tabelle Seite 11 der Inhalt der drei ersten Magenabtheilungen zusammengerechnet ist; dann zeigt der 4. Magen eine Abnahme der Rohfaser gegen die drei ersten, und man bemerkt nicht, dass eigentlich den Zahlen nach eine Secretion von Rohfaser im 4. Magen sich ergiebt. Aber die Rohfaserzunahme im Grimmdarm lässt sich nicht übersehen; sie erscheint zwar in der Tabelle Seite 21 nicht, aber Herr Wildt spricht doch davon, und diese Thatsache nöthigt ihn, am Schlusse seiner Arbeit die am Anfange derselben vorausgesetzte Nicht-Assimilirbarkeit der Kieselsäure wieder zu verwerfen.

Herr Wildt sagt bei der Berechnung des Inhaltes von Grimm- und Mastdarm folgendes[1]:

„Wenn wir auch hier, wie bisher, vom Kieselsäuregehalt ausgehen wollten, so würden wir bei der Rohfaser eine Vermehrung gegen den Rohfasergehalt der Verdauungsmasse im Blinddarm zu constatiren haben; da dies aber selbstverständlich unmöglich, so sind wir zu der Annahme gezwungen, dass hier eine Resorption von Kieselsäure stattfindet. Ich bin daher bei der Berechnung der Resorptionsgrösse im Grimm- und Mastdarme von der Voraussetzung ausgegangen, dass eine weitere Resorption der Rohfaser im Grimm- und Mastdarm nicht mehr stattfindet, und habe den Gehalt an Kieselsäure um so viel höher angesetzt, dass derselbe zur Rohfaser ein gleiches Verhältniss zeigt als im Inhalt des Blinddarmes."

Damit stürzt also Herr Wildt das ganze Fundament seiner Arbeit. Aber nicht nur der Grimmdarm, was Herr Wildt zugiebt, sondern auch der 4. Magen muss nach den Zahlen vorstehender Tabelle — Kieselsäure resorbiren, was Herr Wildt nicht erwähnt; ohne diese Annahme aber ist die absolute Zunahme der Rohfaser im 4. Magen gar nicht zu erklären.

Aus meiner zweiten Tabelle berechnet sich die Gesammtverdauung der Rohfaser aus dem im Mastdarm verbleibenden Rest zu 47,83% (nämlich 478,46 : 228,84 = 100 : x), während nach der ersten Tabelle die Gesammt-Rohfaserverdauung 28,88% beträgt. Nach meiner ersten Tabelle findet die stärkste Rohfaserverdauung

1) a. a. O. S. 21.

im Blinddarme statt, nach meiner zweiten Tabelle im 3. Magen. Diese Widersprüche hat Herr Wildt nicht gelöst. Meine beiden Tabellen aber folgen getreu der Wildt'schen Rechnung.

Die aus meiner ersten Tabelle sich ergebende geringe Assimilation der Rf (kaum die Hälfte des von anderen Forschern gefundenen Betrages) hätte Herrn Wildt wohl zu der Erkenntniss führen sollen, dass der übrige, in der Rechnung nicht erscheinende verdaute Antheil der Rf zugleich mit der ihm festverbundenen SiO_2 verdaut ist. In der That ist auch gar nicht einzusehen, wie der Verdauungscanal die assimilirbare Rf von der mit ihr chemisch verbundenen, nach Wildt's Ansicht nicht assimilirbaren SiO_2 zu trennen vermag.

Die Zahlen in der 2. Columne meiner zweiten Tabelle haben offenbar gar keinen Werth, weil die Voraussetzung des gleichmässigen Fortrückens der Futtermassen im Verdauungscanale irrthümlich ist und jene Zahlen sich auf diese Voraussetzung stützen. Zu dieser Erkenntniss hätte Herr Wildt sehr leicht kommen können, wenn er die Beträge der in den einzelnen Abschnitten des Verdauungscanales gefundenen Gesammt-Trockensubstanz mit denen des berechneten Soll an Gesammt-Trockensubstanz vom 24stündigen Futter (d. h. Gesammt-Trockensubstanz multiplicirt mit den SiO_2-Factoren von Tabelle II) zusammengestellt hätte, wie das die folgende Tabelle zeigt.

Tabelle III.

	Gefundene Gesammt-Trockensubstanz in g	Zu- oder Abnahme [1]) in g	Soll an Gesammt-Trockensubstanz vom 24stündigen Futter in g	Zu- oder Abnahme [1]) in g
I. und II. Magen . .	923,20	— 794,80	1205,70	— 512,30
III. „ . .	65,85	— 857,35	943,63	— 262,07
IV. „ . .	56,44	— 9,41	1157,81	+ 214,18
Dünndarm	124,95	+ 68,51	1351,33	+ 193,52
Blinddarm	216,46	+ 91,51	730,34	— 620,99
Grimmdarm	39,40	— 177,06	723,34	— 7,00
Mastdarm	109,08	+ 69,68	711,97	— 11,37
	1515,38		6824,12	

1) Verglichen mit dem vorhergehenden Abschnitt und beim 1. und 2.

Die gefundene Trockensubstanz im 1. und 2. Magen verhält sich zu der im 3. Magen wie 100 : 7,1, das berechnete Soll an Trockensubstanz wie 100 : 78,3; die gefundene Trockensubstanz im 3. Magen verhält sich zu der im 4. Magen wie 100 : 85,7, das berechnete Soll an Trockensubstanz wie 100 : 122,7. Da nun das Volumen (gemessen durch die Wasserfüllung der Mägen) vom 1. und 2. Magen des Schafes zum 3. Magen nach Colin sich verhält wie 100 : 3,5 und das Volumen vom 3. zum 4. Magen sich verhält wie 100 : 366,7, so ergiebt sich aus vorhergehender Tabelle: dass das Futter im 1. und 2. Magen kürzere Zeit verweilt als im 3. Magen und in diesem länger als im 4. Magen. Aus der gefundenen Trockensubstanz im Verhältniss zum Volumen der vier Magenabtheilungen lässt sich berechnen: dass das Futter im 3. Magen die doppelte Zeit verweilt wie im 1. und 2. Magen und etwa die vierfache Zeit wie im 4. Magen. Nach dem von Herrn Wildt berechneten Soll an Trockensubstanz aber enthält der 3. Magen zu viel Trockensubstanz im Verhältniss zum 1. und 2. Magen und der 4. Magen zu viel im Verhältniss zum 3. Magen. Weil Herr Wildt das längere Verweilen des Futters im 3. und das kürzere im 4. Magen nicht berücksichtigt hat, so erklärt sich daraus die von ihm berechnete bedeutende Zunahme der Trockensubstanz und der Rohfaser im 4. Magen. Da auch im Blinddarm das Futter länger verweilt als im folgenden Grimmdarm, so muss auch der Blinddarm verhältnissmässig mehr Futtermasse enthalten als der Grimmdarm. Herr Wildt trägt auch diesem Verhältniss keine Rechnung, und so erklärt sich ebenfalls die von ihm berechnete äusserst geringe Abnahme der Trockensubstanz und die wunderbare Zunahme der Rohfaser im Grimmdarm. In Wirklichkeit enthält der 4. Magen und der Grimmdarm weniger Futter als die vorhergehende Abtheilung, wie das auch die dort gefundenen Beträge an Gesammt-Trockensubstanz und Rohfaser beweisen.

Aus vorstehender Betrachtung ergiebt sich also, dass die beiden von Herrn Wildt seiner Arbeit zu Grunde gelegten Voraussetzungen, nämlich: das gleichmässige Fortrücken der Inhaltsmassen

Magen verglichen mit 1718g Gesammt-Trockensubstanz von in 24 Stunden aufgenommenem Heu.

im Verdauungscanale und die Nicht-Assimilirbarkeit der Kieselsäure — beide unrichtig sind.

Wir haben hier ein lehrreiches Beispiel vor uns, wohin man geräth, wenn man physiologische Vorgänge nicht vom physiologischen, sondern nur vom chemischen Gesichtspunkte aus betrachtet. Es ist nothwendig, dass, wenn man sich thierphysiologischen Arbeiten zuwendet, man mindestens von den morphologischen und physiologischen Thatsachen des thierischen Organismus Kenntniss nimmt und ihnen Rechnung trägt. Hätte Herr Wildt das gethan, so hätte er die Folgerungen unterlassen, die er aus seiner sich bloss auf chemische Hilfsmittel stützenden Arbeit gezogen hat. Unter den Wildt'schen Folgerungen will ich nur diejenigen hervorheben, welche die Verdauung von Rohfaser und Eiweissstoffen im Magen betreffen. Herr Wildt folgert aus seinen Versuchen, dass beide Nährstoffe in folgenden Mengen in den vier Magenabtheilungen verdaut werden.

Tabelle IV.

	Verdaute Eiweissstoffe in %	Verdaute Rf in %
I. und II. Magen . .	13,30	8,16
III. „ . .	28,63	39,87
IV. „ . .	103,26	34,99

In den drei ersten Magenabtheilungen finden sich aber weder Drüsen noch Aufsaugungsorgane. Das Epithel ist dort so fest und verhornt, dass unmöglich anzunehmen ist, dass die in den Schleimhautfalten derselben befindlichen Blutgefässe eine aufsaugende Thätigkeit ausüben können. Trotzdem soll nach Wildt schon im 3. Magen 28,63% der dort vorhandenen Eiweissstoffe und 39,87% der dort vorhandenen Rohfaser verdaut werden. Bis jetzt sind wir der Meinung gewesen, dass Eiweissstoffe im thierischen Organismus zu ihrer Aufschliessung bezw. Verdauung des Secretes der Labdrüsen (im 4. Magen) und der Darmdrüsen bedürfen; ein ähnliches Secret kommt aber in den drei ersten Magenabtheilungen nicht vor. Für die Verdauung in diesem den Wiederkäuern eigenthümlichen Apparat kämen also nur die Secrete der Maulhöhle in

Frage, und deren Wirkung habe ich in meiner zu Anfang dieses Aufsatzes erwähnten Schrift nachgewiesen.

Die hohen Procentsätze des von Herrn Wildt berechneten verdaulichen Antheiles von Eiweissstoffen und Rohfaser in den drei ersten Magenabtheilungen werden auch durch die Einwirkung des Speichels und der übrigen Secrete der Maulhöhle nicht erklärt.

Aus seinen Berechnungen schliesst Herr Wildt ferner, „dass die Resorption im Labmagen eine geringere ist als in den drei ersten Magen, dass sich dieselbe hauptsächlich auf verdaute Rohfaser und von den anorganischen Bestandtheilen auf Kalk, Magnesia und Schwefelsäure bezieht". Nun ergiebt sich aber aus meiner zweiten Tabelle (auf Grund der Wildt'schen Berechnung): dass im 4. Magen, trotzdem das Futter nur $1/4$ der Zeit wie im 3. Magen verweilt, dennoch um etwa 8 % mehr Rohfaser enthalten ist. Ausserdem erscheint es sehr unwahrscheinlich, dass im Labmagen Rohfaser resorbirt wird, weil bis dahin weder die Maulflüssigkeiten noch der Labdrüsensaft Rohfaser aufzuschliessen vermögen. Der hohe Verdauungsfactor für Eiweissstoffe im 4. Magen, den Tabelle IV nachweist, erklärt sich durch das daselbst abgesonderte eiweissreiche Secret der Labdrüsen.

Das eigentliche Resorptionsorgan ist, wie jeder Physiologe weiss, der Dünndarm. Herr Wildt aber lässt den Dünndarm nur Rohfaser resorbiren und es scheint ihm die Aufgabe desselben „weniger in einer Aufsaugung zu bestehen, als in einer Absonderung von Verdauungssäften".

Als Hauptresorptionsorgan gilt Herrn Wildt der Blinddarm; aber auch im Grimm- und Mastdarm wird noch resorbirt, nur keine Rohfaser mehr, dafür aber Kieselsäure, wie Herr Wildt meint, zu 8—9%.

Alle diese den bisherigen Erfahrungen entgegengesetzten Angaben des Herrn Wildt entbehren gänzlich einer morphologisch-physiologischen Begründung. Seine Folgerungen sind nur aus einer keineswegs methodisch sicheren chemischen Analyse und aus den auf unrichtige Voraussetzungen gegründeten Berechnungen gewonnen.

Wir können es immerhin anerkennen, dass Herr Wildt den vorliegenden Versuch gewagt hat. Es liegt darin das Zugeständniss dass mit der blossen Constatirung der Ein- und Ausgaben des thierischen Organismus die Verdauungsvorgänge nicht erklärt werden. Der Chemiker als solcher kann immer nur die Zustände und die quantitativen Veränderungen der in den thierischen Organismus eingeführten Nährstoffe feststellen; es liegt aber ausserhalb seiner Forschungsmethode, zu bestimmen: wo und durch welche Kräfte diese Nährstoffe verändert werden. Das zu erfahren ist aber das grösste Interesse des Landwirthes und Thierzüchters, weil er nur dann im Stande sein wird, den Organismus seiner Thiere auf dem Wege der Zuchtwahl und der Aufzucht diesem oder jenem Vorgange der Verdauung anzupassen, d. h. die Entwicklung dieses oder jenes Verdauungsorganes zu fördern oder aufzuhalten. Die höchste Aufgabe der Thierzucht ist: den thierischen Organismus für die verschiedenen Zwecke der Thierproduction zu **bilden**. Das gelingt dem Züchter aber nur, wenn er durch physiologische Versuche aufgeklärt wird über die Verrichtungen der verschiedenen Abschnitte des Verdauungsapparates

Der vorstehende Aufsatz wurde im Sommer 1876 geschrieben. Verschiedene, zum Theil durch mich verschuldete Umstände haben den Druck desselben bisher verzögert. Seitdem hat Herr Wildt, gegenwärtig Leiter der landwirthschaftlichen Versuchsstation in Posen, auf der Naturforscherversammlung in München, im Herbst 1877 eine neue Arbeit „über Vorgänge bei der Verdauung des Schafes“ mitgetheilt. In dieser hält er fest an der „Voraussetzung der völligen Unverdaulichkeit der Kieselsäure“, aber er scheint davon zurückgekommen zu sein, dass Kieselsäure im thierischen Organismus secernirt werde. Bei der Kürze der in dem amtlichen Bericht der genannten Versammlung mitgetheilten Arbeit, glaube ich eine Kritik derselben unterlassen zu sollen. Es scheint mir aber die in den drei ersten Magenabtheilungen des Schafes gefundene, den Eiweissgehalt des Futters bedeutend übertreffende Eiweissmenge (beim Mangel eiweisslösender Verdauungssäfte) ebenso wenig erklärt zu sein, wie in der vorausgegangenen Arbeit.

Ueber Oxydation des Eiweisses durch den Sauerstoff der Luft.

Von

Dr. O. Loew.

Seit längerer Zeit war ich bemüht, eine Oxydation des Eiweisses durch den Sauerstoff der Luft herbeizuführen, da ich vermuthete, hierbei zu anderen Producten zu gelangen, als die, welche Ozon, Chromsäure, Salpetersäure und Uebermangansäure liefern. Die Oxydationsmittel sauren Charakters haben vor allem eine Elimination des Stickstoffs theils als Ammoniak, theils in Gasform im Gefolge, und das Endresultat sind stickstoffarme oder stickstofffreie Körper, nie aber stickstoffreiche, wie z. B. Körper aus der Harnsäuregruppe.

Versuche mit solchen Metalloxyden (MnO, FeO), welche unter gewissen Bedingungen Sauerstoff zu übertragen vermögen (z. B. beim Trocknen der Oele), führten zu keinem Resultat, als die alkalischen Lösungen mit Sauerstoff in einem Schüttelapparate[1]) anhaltend behandelt wurden.

Eben so wenig erwies sich die Anwendung der Pyrogallussäure als erfolgreich; ich hatte vermuthet, dass diese bei dem Anziehungsvermögen für Sauerstoff in einer schwach alkalischen Lösung denselben theilweise auf das Albumin übertragen könne, und behandelte ein Gemenge von 8g Albumin, gelöst in 600g Wasser, 10g Pyrogallol und 10g Dikaliphosphat bei 20—24° C. im Schüttelapparat mit Sauerstoff. Die eintretenden Veränderungen betrafen indess lediglich das Pyrogallol, welches in Kohlensäure, Pyrogallochinon und andere Producte überging.

1) Näheres über den Apparat im Journal f. pr. Chemie. Mai 1877.

Hierauf versuchte ich feingepulverte Holz- und Thierkohle. Eine Eiweisslösung wurde mit etwas Kalilauge versetzt (um Bacterienentwicklung zu verhindern) und, mit Kohlenpulver zu einem steifen Brei gemischt, vier Wochen unter öfterer Oberflächenerneuerung und Befeuchtung der Luft ausgesetzt. Das Eiweiss war nach dieser Zeit zum grösseren Theile unverändert geblieben; ein Theil war in Oxydationsproducte übergegangen, doch konnte nur Oxalsäure mit Bestimmtheit nachgewiesen werden.

Nun richtete ich mein Augenmerk auf die lebhafte Oxydation, welche Kupfer beim Contact mit Ammoniakflüssigkeit erleidet. Ich glaubte, dass in Gegenwart von Eiweiss auch dieses hierbei einen Anstoss zur Oxydation erhalten könnte, und hatte hierfür den Anhaltspunkt, dass ein Theil des mit Kupfer zusammengebrachten Ammoniaks zu salpetriger Säure oxydirt wird. Ein Vorversuch belehrte mich in der That von der Richtigkeit der Speculation, das Albumin als solches verschwand vollständig. Nun wurden 40^{g} Albumin in 400^{ccm} concentrirter Ammoniakflüssigkeit gelöst und auf dem Boden eines geräumigen Kolbens mit Kupferspähnen in Berührung gelassen, welch letztere nur bis zur Hälfte mit der Flüssigkeit bedeckt wurden. Unter häufiger Erneuerung der im Kolben enthaltenen Luft blieb die Mischung vier Wochen sich selbst überlassen, und da dann Salpetersäure keine Coagulation mehr hervorbrachte, wurde die Untersuchung vorgenommen[1]).

Die vom gebildeten Kupferoxydhydrat decantirte tiefblaue Flüssigkeit bildete beim Eindampfen auf dem Wasserbade einen voluminösen Schaum, bedingt durch das Zerfallen von Ammonnitrit in Stickstoff und Wasser, und schied nach dem Verdunsten des grössten Theils des Ammoniaks eine unlösliche Kupferverbindung ab. Versetzt man den alkoholischen Auszug des Verdunstungsrückstandes, nach Entfernung des Kupfers durch Schwefelwasserstoff, mit Aether, so scheiden sich feine Nadeln von oxalsaurem Ammoniak[2]) ab. Wird nach dem Verdunsten des Alkohols und Aethers

1) Ganz besondere Vorsicht war nöthig, die salpetrige Säure des vorhandenen Ammon- und Kupfernitrits bei den folgenden Operationen nicht in Freiheit zu setzen; ich sorgte daher in kritischen Fällen stets mit Ammoniak für eine schwach alkalische Reaction.

2) Die Menge des oxalsauren Ammoniaks betrug $0{,}518^{g}$, ferner die aus den

die noch vorhandene Oxalsäure durch Schütteln mit Kalkmilch entfernt, das Filtrat dann mit essigsaurem Quecksilber gefällt, so erhält man nach dem Waschen und Zersetzen mit Schwefelwasserstoff ein Filtrat, welches beim Eindampfen eine geringe Menge eines gelben Pulvers fallen lässt und zuletzt eine gummiartig eintrocknende Masse. Harnstoff war im alkoholischen Auszug nicht vorhanden.

Die von Weingeist ungelöst gebliebenen Kupferverbindungen wurden in mit Ammoniak versetztem Wasser vertheilt und mit Schwefelwasserstoff behandelt. Das Filtrat enthielt oxalsaures und schwefelsaures Ammoniak, nebst wenigstens zwei weiteren Substanzen, von denen die eine sich gegen Reagentien wie eine leimartige Materie verhält, die andere, von saurer Natur, aus der concentrirten Lösung ihres Ammoniaksalzes durch Säuren gefällt wird, in Wasser wenig, in Alkohol leicht löslich ist. Nach Pepton, Harnsäure, Xanthin, Leucin und Tyrosin wurde eben so vergeblich gesucht wie nach Harnstoff.

Ergiebt dieser Versuch also auch eine weitgehende Oxydation des Eiweisses vermittelst eines langsam wirkenden Mittels, so ist damit das Problem, durch Spaltung und Oxydation des Eiweisses zu stickstoffreichen Körpern der Harnsäuregruppe zu gelangen, noch nicht gelöst.

---

unlöslichen Kupferverbindungen erhaltenen Mengen oxalsauren Kalks = 1,820 g, woraus sich ergiebt, dass das Eiweiss 2,82 % seines Gewichts an Oxalsäure lieferte.

Trinkwasser und Cholera.

Von

Max v. Pettenkofer.

Dr. Cornish erinnert im Juliheft des Practitioner 1877 daran, dass er schon im Lancet vom 11. Mai 1872 der Thatsache widersprochen habe, welche mir von Sir Patrick Grant[1]) mitgetheilt worden war, dass nämlich bei einem Truppenwechsel zwischen Bangalore und Madras trotz Mitführung von Trinkwasser aus cholerafreien Orten auf dem Marsche unter einer Truppe doch Cholera ausgebrochen sei. Dr. Cornish meint, dass ich darnach kein Recht mehr gehabt hätte, diesen Fall noch länger als ein Beispiel für den Nicht-Einfluss des Trinkwassers anzuführen. — Darauf habe ich zu entgegnen, dass nach meiner Ansicht dieses Recht mir auch jetzt noch zusteht. Sir Patrick Grant hat mir seinen Fall persönlich mitgetheilt, aber weder ein bestimmtes Regiment, noch ein bestimmtes Jahr bezeichnet, in welchem der Ausbruch stattfand. Die Angaben von Dr. Madden und Dr. Barclay beziehen sich auf den Marsch des linken Flügels des 43. leichten Infanterie-Regimentes und auf den Monat März 1857. Unter diesen Umständen bleibt für mich unentschieden, ob der Bericht der genannten Aerzte und die Mittheilung von Sir Patrick Grant sich auf ein- und denselben Fall beziehen. Ich muss an der mir gewordenen Mittheilung um so mehr festhalten, als ich nicht denken

---

1) Zeitschrift für Biologie Bd. IV S. 441.

kann, dass mir Sir Patrick Grant nicht die Wahrheit gesagt habe, und ich kann das um so weniger denken, als ich Seiner Excellenz ausdrücklich bemerkte, dass ich diesen Fall veröffentlichen möchte, und als ich mir seine Erlaubniss dazu förmlich erbat. Wenn nun Dr. Barclay sagt: „No orders were received from Sir Patrick Grant or from any one else as to the carriage of drinking-water from districts Known to be healthy“, — so kann ich doch nur den Schluss daraus ziehen, dass Dr. Barclay von einem ganz anderen Falle spricht, als derjenige ist, von welchem Sir Patrick Grant zu mir gesprochen hat.

Uebrigens bin ich gerne bereit, diesen Fall aufzugeben, wenn seine Richtigkeit von der Opposition auch nur im geringsten angezweifelt wird. Meine Ueberzeugung vom Nicht-Einflusse des Trinkwassers beruht ja nicht auf so einer einzelnen Thatsache, sondern auf einer Reihe von Thatsachen. Die Fälle von heftigen Choleraausbrüchen, bei welchen das Trinkwasser absolut nicht betheiliget sein kann, sind zahlreich genug, um den Fall von Sir Patrick Grant entbehren zu können. Die Anhänger der Trinkwassertheorie täuschen sich über die Beweiskraft der von ihnen citirten Fälle. In dem Falle des 43. Regimentes, welchen Barclay, Madden und Cornish anführen, ist der mögliche Einfluss des Trinkwassers allerdings nicht ausgeschlossen, aber auch nicht nachgewiesen und nicht nachweisbar, weil das Trinkwasser von den sonstigen localen Einflüssen nicht getrennt werden kann: es bleibt daher immer nur eine willkürliche Annahme. Hingegen ist z. B. bei dem Choleraausbruche in der Gefangenanstalt zu Laufen, ebenso in dem Strafarbeitshause zu Rebdorf und in den Casernen zu München (s. 2. und 4. Heft der Berichte der Choleracommission des deutschen Reiches) die Annahme eines Einflusses des Trinkwassers geradezu eine Unmöglichkeit; und doch zeigte sich die Cholera ebenso wie in dem Falle des 43. Regimentes, wo die Annahme eines möglichen Einflusses des Trinkwassers der Willkür des Beobachters noch gestattet ist. Diese Thatsachen vom Nicht-Einfluss verringern die Beweiskraft aller jener Fälle, die man gewöhnlich für den Einfluss des Trinkwassers anführt, aber ohne den Zusammenhang mit anderen gleichzeitigen localen Einflüssen zu beachten,

in einem so bedeutenden Grade, dass letztere kaum mehr ein Gewicht haben.

Wer sich um meine Ansicht über die Trinkwassertheorie näher interessirt, den verweise ich auf meine Abhandlung: „Ist das Trinkwasser Quelle von Typhoid-Epidemien?“ in der Zeitschrift für Biologie Bd. X S. 439.

Die Messung der Schallstärke.

Von

K. Vierordt.

Seit längerer Zeit mit Versuchen über das Schallleitungsvermögen der Körperorgane (am lebenden Organismus, wie an ausgeschnittenen Körpertheilen) beschäftigt, hatte ich vor Allem Schalle und Töne von jeder beliebigen, genau messbaren Stärke herzustellen.

Schafhäutl hat sich meines Wissens zuerst experimentell mit dieser Aufgabe beschäftigt[1]) und von sämmtlichen Schall- und Tonerzeugungsmethoden nur die krustischen Instrumente für den vorliegenden Zweck als tauglich befunden. Indem man einen schwingungsfähigen festen Körper durch Schlag oder Stoss erschüttert, kann man in der That mit der Stärke des letzteren auch die Tonquantität in beliebiger Weise abstufen. Schafhäutl construirte einen Apparat (Phonometer), um kleine Kugeln durch eine genau abmessbare Höhe auf eine wagrechte Glastafel fallen lassen und somit, bei Abänderung der Fallhöhe und des Gewichtes der Kugeln, beliebige messbare Schallstärken herstellen zu können.

Schafhäutl nahm an, dass die bei den gegebenen Versuchsbedingungen hervorgebrachten Schallstärken proportional seien: 1) dem Gewicht der auf die schwingungsfähige Platte auffallenden Kugel und 2) der Wurzel aus der Fallhöhe, oder, was dasselbe ist, der einfachen Geschwindigkeit, welche der fallende Körper beim Aufschlagen auf die Platte hat. Ihm dient also als Ausdruck

1) Ueber Phonometrie. Abhdlg. der math.-physic. Classe der bayer. Akad. der Wissensch. Bd. VII S. 501. München 1853.

der Schallstärke die sog. „Grösse der Bewegung“, das „Bewegungsmoment“ des fallenden Körpers.

Nach Fechner (Psychophysik Bd. I S. 180) kann es sich hier nicht um das „Bewegungsmoment“, sondern ausschliesslich nur um die, den Geschwindigkeitsquadraten, also auch der Fallhöhen proportionale „lebendige Kraft“ des fallenden Körpers handeln.

In meinen Anfangsversuchen bin ich Fechner's grosser Autorität ohne Bedenken gefolgt, um so mehr, als dessen Berechnungsweise der Schallstärken den heute allgemein giltigen Anschauungen der physikalischen Theorie entspricht. Ich gerieth aber auf völlig unlösbare Widersprüche, die ich mir anfangs durch die nicht gerechtfertigte Annahme verschiedener störender Nebeneinflüsse, z. B. des Luftwiderstandes, zurecht zu legen suchte. Wurden nämlich die Gewichte (m) und die Fallhöhen (r) variirt, so aber, dass das Product mr immer dasselbe war, so erhielt ich durchaus keine gleich starken Schallempfindungen; die durch die doppelte Höhe fallende einfache Masse z. B. gab immer eine sehr merklich schwächere Empfindung als die durch die einfache Höhe fallende doppelte Masse.

Da weder Schafhäutl noch Fechner die Giltigkeit ihrer Berechnungsweisen experimentell geprüft und zu prüfen überhaupt für nöthig gehalten haben, so waren Versuche für mich dringend geboten.

Als vibrationsfähige Platten benutzt man am besten Schiefertafeln, oder Platten von Metall. Um das Ausklingen der Töne, was deren Vergleichbarkeit stört, zu vermeiden, verwende ich Schalle, die nur von momentaner Dauer sind; dies geschieht am besten, indem man die Metallplatten unmittelbar auf den Tisch legt. Als Fallkugeln benutze ich Bleischrote, welche den Vortheil bieten, nach dem Aufschlagen liegen zu bleiben. Zur Herstellung sehr kleiner Fallkügelchen lege ich die kleinsten Schrote in salpetersäurehaltiges Wasser. Werden die Schrote beständig geschüttelt, so gelingt bei der Mehrzahl die Volumreduction vollkommen, indem sie die Kugelform völlig oder sehr annähernd bewahren.

Ein einziger Versuch mit starken Unterschieden der beiderseitigen r und m reicht beinahe schon hin zur sicheren Entscheidung. Ich liess ein 7^{mg} schweres Kügelchen $116{,}2^{mm}$ hoch auf eine

Schiefertafel fallen, während der Fallraum eines zweiten 36,5 mg schweren Kügelchens 4,3 mm betrug. Beide Schallempfindungen waren im Wesentlichen gleich stark, die ersten von ein wenig kürzerer Dauer, indem die Empfindung etwas rascher anstieg und aufhörte, als der zweite Schall.

Also sind die *mr*, im ersten Fall $116{,}2 \times 7 = 813$, im zweiten Fall $36{,}5 \times 4{,}3 = 157$; demnach müssten nach der giltigen Theorie beide Schalle einen das Fünffache übersteigenden, für die Empfindung also sehr grossen Unterschied zeigen. Die Empfindung aber war, wie erwähnt, in beiden Fällen gleich stark.

Für 116,2 mm und 4,3 mm Fallhöhe ist die (Secunden-)Geschwindigkeit (*c*) 1510 und 290 mm. Also sind die beiden Producte *mc* 1510×7 und $290 \times 36{,}5$ gleich, d. h. 105700 mgmm in runder Zahl.

Derartige Vergleichungen habe ich unter vielfach abgeänderten Versuchsbedingungen angestellt; innerhalb erheblicher Breiten der Schallstärken, unter Verwendung verschiedener vibrationsfähiger Platten, die entweder Töne oder Schalle ergaben, ferner mittelst Hörens der Schalle durch die Luft oder mit Hilfe eines auf die schwingende Platte gesetzten Holzstabes, an dessen oberes Ende das Ohr angedrückt wurde; immer ergaben bei verschiedenen Fallgewichten und Fallhöhen die gleichen Producte *mc*, nicht aber die gleichen Producte mc^2 (resp. *mr*) gleich starke Empfindungen.

Zur Richtigstellung der Entscheidung in dieser Streitfrage kann man sich füglich auf die soeben erörterte Versuchsweise beschränken, die am schnellsten zum Ziele führt. Ich habe jedoch, zur weiteren Prüfung, gegebenen Schallstärken jeweils eine andere Schallstärke gleichzumachen gesucht, indem ich den Fallraum der zweiten, leichteren Kugel so lange abänderte, bis ich die Empfindung der Gleichheit beider Schallstärken hatte.

Eine dieser Versuchsreihen ist in der nachfolgenden Tabelle enthalten. In sechs Versuchen fiel das Gewicht von 56 mg durch sechs verschiedene Fallhöhen; der Fallraum eines 36,5 mg schweren Kügelchens wurde so lange abgeändert, bis die entsprechende Schallempfindung dieselbe Stärke hatte, wie der Schall, der durch das 56 mg schwere Kügelchen hervorgebracht wurde. Die Schallplatte war eine 2400 g schwere, 222 mm lange, 172 mm breite vier-

eckige Zinntafel, die unmittelbar auf den Tisch gelegt wurde. Die Schalle wurden aus der Luft gehört.

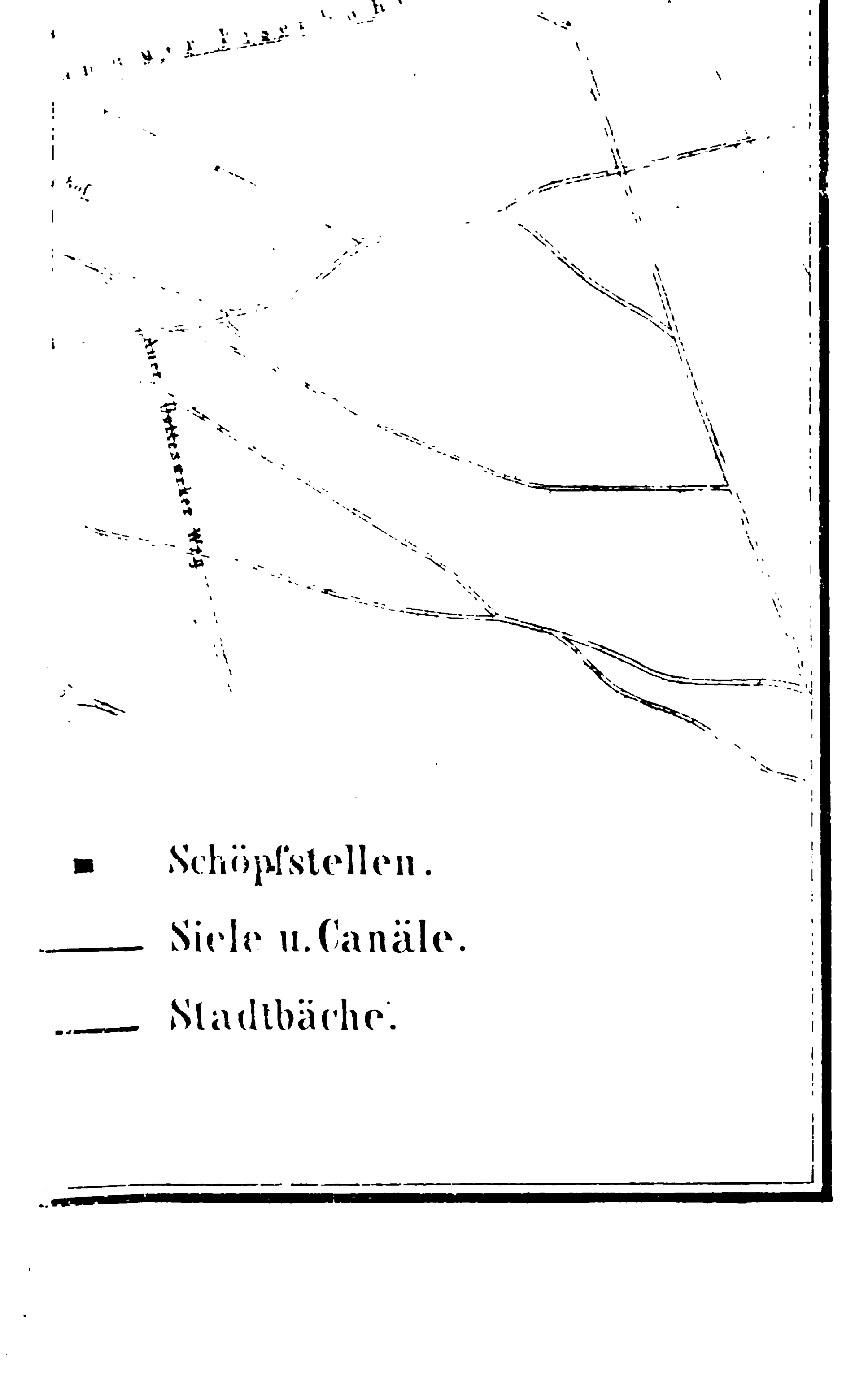
Fall-gewicht in mg	Fallhöhe in mm	Geschwindigkeit der Fallkugel (mm)	*mc*	*mr*	Relative Unterschiede der *a*- und *b*-Werthe	
					mc-Reihe	*mr*-Reihe
a) 56 b) 36,5	71,2 152,5	1180 1730	66080 63145	3987 5566	0,045	0,284
a) 56 b) 36,5	53,6 104,2	1025 1430	57400 52195	3002 3803	0,090	0,266
a) 56 b) 36,5	35,6 61,6	835 1100	46760 40150	1994 2248	0,141	0,130
a) 56 b) 36,5	17,8 34,0	591 817	33096 29820	997 1241	0,100	0,145
a) 56 b) 36,5	8,9 16,9	418 576	23408 21024	498 617	0,102	0,238
a) 56 b) 36,5	4,5 10,4	297 451	16632 16461	252 380	0,010	0,408

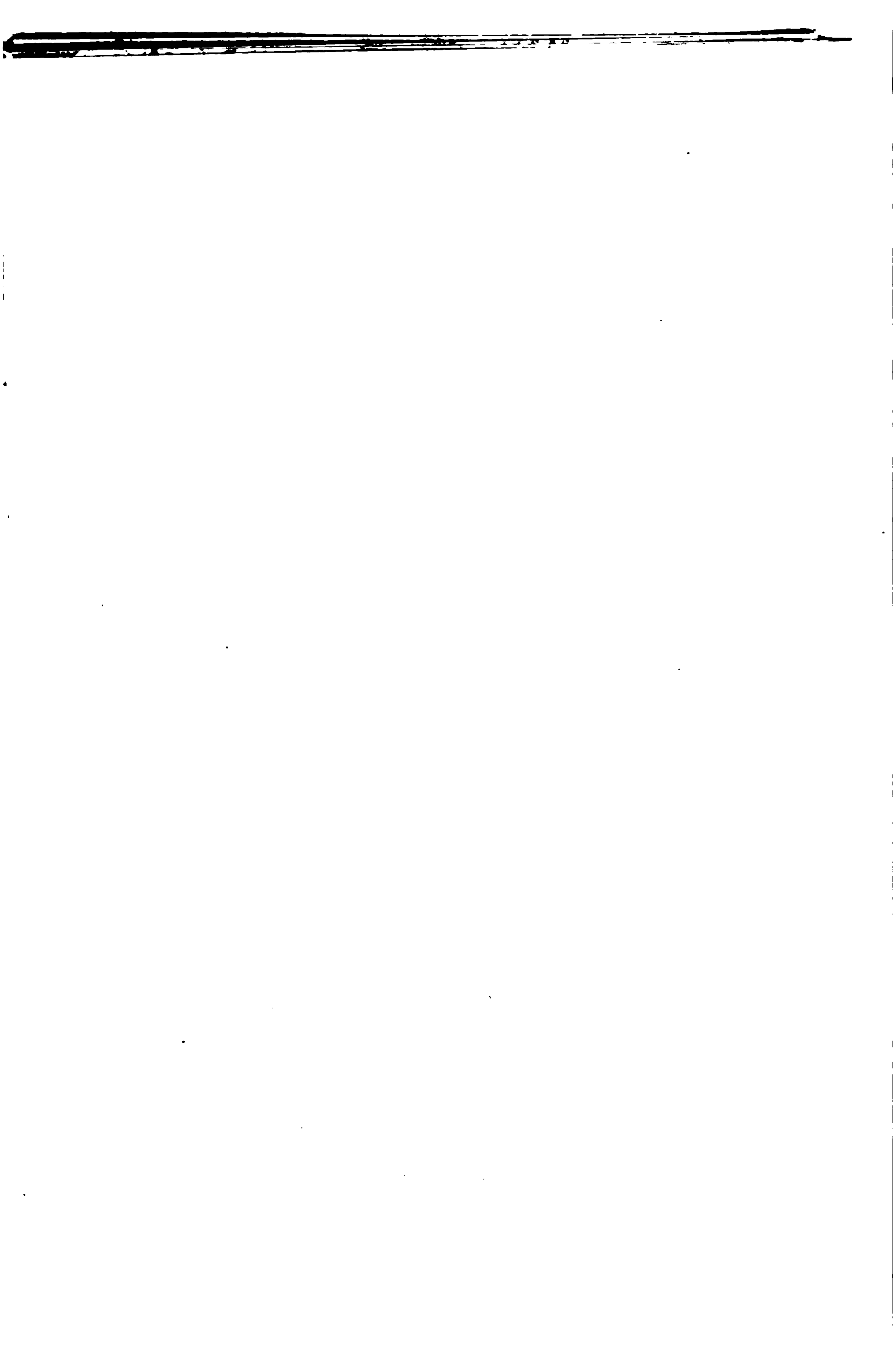
Die *mc*-Werthe der jeweils zusammengehörenden *a*- und *b*-Versuche stimmen sehr viel besser mit einander, als die *mr*-Werthe, die zum Theil grobe Unterschiede ergeben. Die *mc*-Werthe des leichteren Kügelchens sind ohne Ausnahme etwas niederer als die des schwereren, was wohl daher rührt, dass die Schallempfindung bei dem aus grösserer Höhe fallenden Gewichte etwas schneller ansteigt und dadurch einen, ein wenig stärkeren Eindruck macht.

Das akustische Maass der Schallstärken ist somit, bei gleichem Fallgewicht, nicht durch das Geschwindigkeitsquadrat, sondern durch die einfache Geschwindigkeit gegeben, welche das Fallgewicht im Moment seines Aufschlagens auf die schwingungsfähige Platte hat. Die einfache Geschwindigkeit ist aber der Quadratwurzel aus der Fallhöhe proportional.

Demnach sind die Schallstärken zu berechnen durch die Formel $m \sqrt{2gr}$, wobei m = Gewicht der Fallkugel, g Acceleration (9810^{mm}) und r = Fallhöhe.

Man wird meiner Berechnung der Schallstärke nicht etwa den Einwurf machen, dass sie der physikalischen Theorie widerstreitet, welche annimmt, dass die mit der lebendigen Kraft mc^2 auffallende Kugel nothwendig auch die Phonometerplatte mit einer proportionalen lebendigen Kraft erschüttern muss, die demnach als Maass der Schallstärke zu gelten hätte. Diesen Einwand habe ich mir natürlich auch gemacht. Ich erlaube mir deshalb, den Zweifler auf den, hier so leicht zu betretenden Versuchsweg zu verweisen, dessen Entscheidungen zuverlässiger sind als die blossen Theorien. Die herkömmliche Berechnungsweise ist eben in diesem Fall unrichtig gewesen.


Gottesacker Weg
Schöpfstellen.
Siele u. Canäle.
Stadtbäche.



Histiologische und physiologische Studien.

Von

G. Valentin.

Achtzehnte Abtheilung.

XXXVI. Einige Erfahrungen über den Einfluss der Dehnung der Muskelfasern auf die Zusammenziehungsgrösse derselben.

Wir wollen von einem gedehnten Muskel sprechen, wenn das an ihn gehängte Zuggewicht schon während der der Verkürzung vorangegangenen Ruhezeit gewirkt, es also dessen Fasern nach Maassgabe seiner eigenen Grösse und der Richtung und des Widerstandes von jenen verlängert hat. Der Ausdruck eines gespannten Muskels möge sich auf den Fall beziehen, dass die Belastung nur während der Muskelzusammenziehung getragen wird, diese also das Dehnungsstreben mehr als ausgleicht.

Ich habe zwei Einrichtungen an dem Myographion anbringen lassen, welche den in solchen Versuchen auftretenden Bedürfnissen genügen können. Die eine stimmt im Wesentlichen mit derjenigen, die Volkmann[1]) gebraucht hat. Die das Belastungsgewicht tragende Wagschale ruht auf einer festen Unterlage und wird erst durch die Muskelverkürzung emporgehoben. Ich liess zu diesem Zwecke eine wagerechte Messingplatte an der Vorderseite des Brettes, auf dem der Myographion angeschraubt ist, so befestigen, dass der Rahmen von diesem in äquilibrirter Stellung wagerecht blieb, wenn die Schreibspitze bis zur Berührung des Aufzeichnungscylinders vor-

---

1) A. W. Volkmann in den Berichten über die Verhandlungen der sächsischen Gesellschaft der Wissenschaften zu Leipzig, Bd VIII, Leipzig 1856 8° S. 4 u. 5.

geschoben und die Wagschale an dem Mittelstifte des Rahmendrahtes aufgehängt war. Man konnte auf diese Art die Verkürzungsgrössen des gespannten Muskels untersuchen. Wollte man dagegen die Einflüsse der Dehnung kennen lernen, so musste man die Stützplatte hinwegnehmen. Die Anordnung war so getroffen, dass dann die mit dem Zuggewichte belastete Wagschale frei schwebte. Da die Anfügung und die spätere Entfernung der Messingplatte zu zeitraubend und unbequem war, so wählte ich eine zweite Anordnung, die alle nöthigen Veränderungen mit Schnelligkeit und Leichtigkeit zuliess.

Eine kleine auf dem Myographionbrette befestigte Messingsäule trägt einen starken, um eine wagerechte Achse, also nach oben und unten drehbaren Winkelhebel. Man kann an ihm ein Mittelstück unverrückbar befestigen, das vorn in zwei dicke, an ihren freien Enden senkrecht umgebogene Gabelarme ausläuft. Diese tragen den oberen wagerechten (nicht bogenförmigen) Draht der Wagschale, indem sie ihn von untenher stützen, wenn die Wirkung des gespannten Muskels untersucht werden soll. Die Herstellung des gedehnten Zustandes fordert nur, dass man die Gabelarme nach unten dreht und die des entspannten, dass man sie weiter nach oben bewegt. Die Vorrichtung gestattet daher nicht bloss die Wirkung des gespannten und die des gedehnten Muskels zu verfolgen, sondern auch einen beliebigen Grad von Entspannung herzustellen. Die erste Anordnung erlaubt dieses nicht.

Will man sich nicht einer Reihe von Selbsttäuschungen aussetzen, so muss man nicht bloss die Leitungswiderstände, sondern auch die Abgleichungsgrösse der erregenden Stromesstärke und die Zeiten der Stromesdauer so gleich als möglich für alle Fälle machen. Man darf daher nicht den Kreis von freier Hand schliessen, sondern muss dieses durch eine gleichförmig arbeitende todte Vorrichtung vollführen lassen. Diese Vorsichtsmassregel kann nur verabsäumt werden, wenn die Schläge des Magnetelektromotors längere Zeit einwirken sollen.

Ich äquilibrire zunächst den Rahmen des Myographion für diejenige Stellung des Schreibstiftes, bei welcher er die berusste Oberfläche des gelben Glanzpapiers berührt und ziehe ihn dann

wiederum zurück. Nun wird zuerst das verlängerte Mark und hierauf der unterste Theil des Rückenmarkes des Frosches quer durchschnitten und das Gehirn und dann das Rückenmark zwischen den beiden Trennungsstellen zerstört. Man vermeidet durch dieses Verfahren fast alle Krämpfe in den Hinterbeinen, mithin jede merkliche Schwächung der Kräfte der Nerven und der Muskeln. Ich lege hierauf die Achillessehne bloss, trenne alle vor ihr liegenden Theile der Quere nach, entferne die Haut des Fusses, schneide die äussere Hälfte von diesem fort und befestige den Frosch auf dem von oben nach unten verschiebbaren, mit einer aufgenagelten Korkplatte versehenen Brette des Myographionstatives mit Nadeln und zwar so, dass der Wadenmuskel unter allen Verhältnissen senkrecht bleibt, wenn die noch vorhandene Fusshälfte in dem Haken des Mittelstiftes des Myographion eingeführt worden. Die drehbare Messinggabel wird so eingestellt, dass sie den wagerechten Arm der Wagschale trägt, wenn der Rahmen des Myographion in Folge der Aequilibrirung wagerecht bleibt. Ich lege das Gewicht erst unmittelbar vor dem Verkürzungsversuche auf.

Ein Punkt-Stromwender ist in jedem Falle in den erregenden Kreis eingerechnet. Man lässt ihn zunächst offen, so dass man die übrigen Theile des Kreises schliessen kann, ohne eine Zusammenziehung anzuregen.

Will ich das Hüftgeflecht reizen, so steche ich die eine der beiden Nadeln, welche die Enden der Ableitungselektroden des Stromwenders bilden, in den oberen und die andere in den unteren Theil der zwischen dem Darmbeine und dem Schwanzbeine befindlichen Weichgebilde ein. Soll der Strom die Muskelmasse selbst durchsetzen, so kommt die eine Elektrodennadel in die Weichtheile dicht über dem Kniegelenke und die andere in eine kleine Klemme, die ich an der einen der vier Säulen des Myographions habe anbringen lassen. Der Wadenmuskel spielt dann vollkommen frei. Dieses wäre aber nicht der Fall, wenn man den Fuss mit der Nadel durchstochen hätte. Arbeitet man längere Zeit, so ereignet es sich, dass die Achillessehne eintrocknet und daher die Leitung von dem Rahmen des Myographions aus unterbrochen wird. Man muss daher jene mit einem mit Wasser durchtränkten Pinsel von

Zeit zu Zeit anfeuchten. Man kann auch in diesem Falle die mit einem sehr dünnen und daher der Bewegung leicht folgenden Leitungsdrahte versehene Nadel in das obere Ende der Achillessehne selbst einstechen.

Sollen die durch Hydroelemente erzeugten Schliessungszuckungen aufgeschrieben werden, so bediene ich mich der Anschlagsvorrichtung, durch welche der erregende Kreis für einen Bruchtheil einer Secunde geschlossen wird. Ich halte zunächst den Anschlagshebel an seinem Arretirungsstifte fest, lasse den Cylinder gehen, bis der Anschlagsstift desselben den Hebel berührt; halte das Uhrwerk in dieser Stellung an und zeichne, wenn ich die Dauer der verborgenen Reizung bestimmen will, eine senkrechte Linie auf dem berussten Papier, indem ich den das Aequilibrirungsgewicht des Myographions tragenden Draht niederdrücke. Nun setze ich das Uhrwerk von Neuem in Gang, nachdem der Anschlagshebel nach aussen gedreht worden. Hat es seine gleichförmige Geschwindigkeit erreicht, so schliesse ich den Stromwender in einer seiner beiden Richtungen und lege den Anschlagshebel an seinen Arretirungsstift, nachdem der Anschlagsstift des Cylinders eben vorübergegangen. Der Kettenschluss erfolgt dann am Ende der folgenden Umdrehung. Man erhält die der Schliessungszuckung entsprechende Muskelcurve, indem der Muskel die Belastung nur während der Verkürzung trägt. Hält man jetzt das Uhrwerk an und dreht den zwischen den Schenkeln der Wagschale dahingehenden stützenden Messingstab nach unten, so wird der Muskel mit dem Zuggewichte belastet, ehe er sich zusammenzieht. Die Grösse der hierdurch bewirkten Dehnung schreibt sich als senkrechte gerade Linie auf. Lässt man dann das Uhrwerk abermals gehen, so erhält man eine neue Zeitabscisse aufgeschrieben. Die Einstellung des Anschlagshebels führt hierauf zu einer Muskelcurve, welche der Schliessungszuckung des durch das Zuggewicht gedehnten Muskels entspricht.

Sollen die Schläge des Magnetelektromotors nur kurze Zeit einwirken, so entferne ich die Anschlagsvorrichtung, stelle einen in seiner Mitte durchbohrten Holzklotz auf den Boden des Kastens des Uhrwerkes so auf, dass ein sich mit der zweiten Uhrwerksachse drehender Eisenstab einen in einer Vertiefung des Holzes befindlichen Queck-

silbertropfen während jeden Umganges einmal durchsetzt. Die Dauer dieses Durchganges beträgt nur einen kleinen Bruchtheil der einen Umdrehung der zweiten Achse, die sich zehnmal langsamer, als der Aufschreibcylinder bewegt. Die Leitungen sind so angeordnet, dass die Berührung des Eisenstabes und des Quecksilbers den inducirenden Kreis des Magnetelektromotors schliesst. Dieser hämmert daher nur während der Zeit des Durchtrittes des Stiftes durch das Quecksilber. Er erregt hierdurch die Nerven oder den Muskel, da seine Inductionsdrähte zu dem Stromwender und die Ableitungsdrähte von diesem zu den thierischen Theilen gehen. Ein in den erregenden Kreis eingeschalteter Schliesser macht es möglich, dass der Eisenstab den Quecksilbertropfen durchsetzen kann, ohne dass der Magnetelektromotor in Thätigkeit geräth. Man sichert sich hierdurch bei starken Inductionsströmen vor allen unzeitigen Störungen die selbst bei geöffnetem Stromwender eintreten können.

Sollen endlich Ermüdungscurven aufgeschrieben werden, so lässt man die eben erwähnte Quecksilbervorrichtung hinweg und schliesst und öffnet den Punkt-Stromwender von freier Hand. Man bringt es bei einiger Uebung bald dahin, dass die ersten Anfänge und die Enden der Zusammenziehungscurven auf nahezu entsprechenden Stellen des Aufzeichnungspapieres zu stehen kommen.

Der Gebrauch des die Wagschale tragenden Messingstabes kann untergeordnete Fehler in Einzelfällen einführen. Man muss ihn natürlich so weit emporheben, dass die mit dem Zuggewichte belastete Wagschale von ihm vollständig getragen wird. Es ereignet sich dabei bisweilen, dass man ihn etwas zu weit hinaufdreht, die Muskelfasern also in einen gewissen Grad von Entspannung oder Faltung versetzt und daher die Verkürzung in Vergleich mit der des zweiten Versuches etwas zu klein ausfällt. Man kann aber bei einiger Vorsicht leicht bewirken, dass die hierdurch erzeugte Ungenauigkeit weniger, als einen halben Millimeter beträgt und jedenfalls nicht die Sicherheit der später zu erwähnenden Schlussfolgerungen beeinträchtigt.

Trägt die Wagschale ein verhältnissmässig bedeutendes Zuggewicht und erschlafft der Muskel rasch, so ereignet es sich, jedoch nur in seltenen Fällen, dass jenes den Messingstab herunterschlägt.

Das Gleiche kann eintreten, wenn die Wagschale schlecht hängt und der Messingstab an dem einen Schenkel derselben dahinzugleiten vermag oder der Muskel durch eine sehr starke Verkürzung merklich erweicht und daher zuletzt unter dem Einflusse der Belastung verlängert worden. Man erkennt diese Art von Einwirkungen daran, dass nicht mehr dieselbe Zeitabscisse, wie vor der Verkürzung, sondern eine tiefere aufgeschrieben wird. Man muss dieses natürlich bei der Bestimmung der späteren Dehnung des Muskels durch das Zuggewicht in Rechnung bringen.

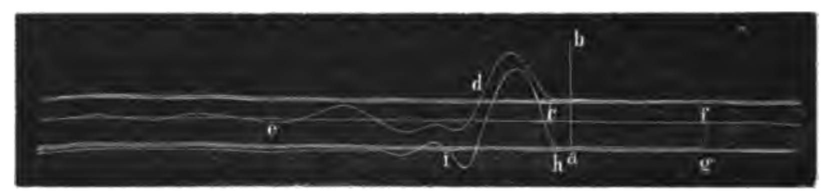


Fig. 1.

Fig. 1 kann uns ein Beispiel dieses im Ganzen selten vorkommenden Falles liefern. Die Wagschale trug 10^{g}. Die Curven werden durch die Erregung des Hüftgeflechtes mittelst des Stromes eines mittelgrossen, mit verdünnter Schwefelsäure geladenen Zinkkohlenelementes mit Hilfe der Anschlagsvorrichtung gewonnen. Der Durchschnittspunkt von *a b* mit der obersten oder der untersten Zeitabscisse bezeichnet den Augenblick, in welchem der erregende Strom einbrach. Die Entfernung desselben von *c* und *h* zeigt die Dauer der verborgenen Reizung an, *cd* ist die Verkürzungscurve des Muskels im ersten Versuche d. h. wenn er die Belastung nur während der Zusammenziehung und der Erschlaffung trug. Die Letztere erfolgte rasch, wie schon die Nachschwingungen des Schreibstiftes anzeigen. Sie drückte den stützenden Messingstift hinab, so dass man nachher die tiefere Linie *ef* als Zeitabscisse hatte. Wurde nun der stützende Stab gesenkt, so verlängerte sich der Stand der Schreibstiftspitze um *fg*. Man darf dabei nicht vergessen, dass der Wadenmuskel nicht parallel- und geradfaserig ist, sondern dass seine Fasern schief zu der der Zugrichtung entsprechenden, der Schwerlinie parallelen Geraden verlaufen, *fg* dagegen die senkrechte Längenvergrösserung misst. Nennen wir diese *q* für irgend

eine Muskelfaser, deren wahre Verlängerung p ist und die einen Winkel α mit der Senkrechten bildet, so haben wir $p \cos \alpha = q$, also $q < p$, so lange α nicht Null wird.

Der durch das Zuggewicht gedehnte Muskel lieferte die Verkürzungscurve hi. Die stärkste Zusammenziehung war also hier ungefähr zweimal so gross, wie in dem ersten Falle oder in dem nur gespannten Muskel. Die Curven sind unter ungefähr dreifacher Vergrösserung aufgeschrieben worden.

Doppelversuche, die je nach einer der oben erwähnten Verfahrungsarten angestellt worden, lieferten übereinstimmend:

1) Die Beobachtungen von Schwann[1]) führten schon zu dem Schlusse, dass die Kraft des eine Schliessungszuckung liefernden Wadenmuskels des Frosches mit der durch grössere Zuggewichte erzeugten Spannung zunahm. Die hier besprochenen Erfahrungen zeigen, dass ein Muskel, der seine natürliche Länge am Anfange der durch das Einbrechen eines galvanischen Stromes erregten Verkürzung besitzt, also nur während der Zusammenziehung und der Erschlaffung gespannt ist, eine kleinere oder grössere Belastung weniger in die Höhe hebt, als wenn ihn diese vorher merklich gedehnt hat, dass also die grösste Hubhöhe mit der künstlichen Verlängerung der Muskelfasern unter sonst gleichen Verhältnissen bis zu einem gewissen Grade zunimmt. Diese Norm, die sich nur mit wenigen, bald zu erwähnenden Ausnahmen geltend macht, kehrt wieder, der elektrische Strom möge das Hüftgeflecht oder den Wadenmuskel durchsetzen. Sie wiederholt sich, wenn die 1,5^g wiegende Schale allein als Zuggewicht wirkt oder wenn diese noch mit 5, 10, 20, 50, 100 oder 330^g beschwert worden. Da sie auch zu wiederholten Malen auftritt, wenn die Schläge des Magnetelektromotors einen kürzer oder länger anhaltenden Starrkrampf erzeugen und der Muskel zu seiner ursprünglichen Länge durch die Erschlaffung nicht zurückkehrt, so folgt, dass die Dehnung der Muskelfasern die Verkürzungsgrösse immer noch erhöht, wenn selbst

1) Schwann in Joh. Müller's Handbuch der Physiologie Bd. II Abth. I, Coblenz 1837 8° S. 59—62.

die vorangegangene Zusammenziehung die vollständige Wiederkehr zu der natürlichen Länge gehindert hat.

Es ist mir der Fall vorgekommen, das die grösste Hubhöhe des mit 100g belasteten und dadurch in Wirklichkeit über einen Centimeter senkrecht ausgedehnten Wadenmuskels eine mehr als doppelte grösste Hubhöhe unter den Schlägen des Magnetelektromotors lieferte, als wenn dasselbe Zuggewicht nur während der Verkürzung und der Erschlaffung, also ohne sichtliche Dehnung getragen wurde. Ein geringeres Belastungsgewicht hingegen führte zu keinem so beträchtlichem Unterschiede. Andere Präparate ergaben schon kleinere Gewichte für das Maximum der Verkürzungsvergrösserung.

2) Eine der Nebenbedingungen, welche zu Ausnahmen von der allgemeinen Regel selbst bei grosser Reizempfänglichkeit der Nerven und der Muskeln führen kann, besteht in dem Gebrauche eines zu geringen Zuggewichtes, das eine nur kleine Verlängerung erzeugt. Die stärkste Zusammenziehung der gespannten Fasern war z. B. in einem Belastungsfalle von 1,5g und ein Achttheil grösser, als die der gedehnten. Wurde aber unmittelbar darauf ein Gewicht von 5g auf die Schale gelegt, so erhielt man eine ungefähr doppelt so grosse maximale Hubhöhe in dem letzteren, als in dem ersteren Falle. Es kann vorkommen, dass später die Verkürzung des vorher gedehnten Muskels ebenso gross oder kleiner, als die des gespannten ausfällt, wenn selbst früher eine Reihe von Doppelversuchen, die mit grösseren Gewichten angestellt worden, die Norm ergeben hatten.

3) Die allgemeine Regel bewährt sich in lebenskräftigen Präparaten bis zu sehr grossen Belastungen. Ich habe sie z. B. noch wiedergefunden, wenn ich den Wadenmuskel eines mittelgrossen Frosches mit 336g beschwert hatte. Nimmt die Empfänglichkeit wegen allzu oft wiederholter Reizungen oder im Laufe der nach dem Tode verfliessenden Zeit ab, so findet man oft das Umgekehrte der Norm für bedeutende Belastungen. Es kann sich aber auch das Gleiche bei dem Gebrauche kleinerer darbieten, wenn die durch grosse Belastungen erzeugten starken Dehnungen die Reizempfänglichkeit wesentlich erniedrigt haben. Ist das Präparat für auf-

steigende Ströme wenig empfänglich, so zeigt sich auch bisweilen die umgekehrte Norm für diese Erregungsart. Die stärkeren Wirkungen der absteigenden Stromesrichtung dagegen gehorchen der gewöhnlichen Regel.

Die Doppelcurven Fig. 2, 1 bis 5, können das eben Erläuterte anschaulich machen. Sie stammen von einem mittelgrossen Frosche, dessen Wadenmuskel eine Länge von 24^{mm} und einen grössten Durchmesser von 4^{mm} hatte und sind kurze Zeit nach dem Tode aufgezeichnet worden. Ein durch einen Quecksilbertropfen tretender Eisenstift schloss den inducirenden Kreis des Magnetelektromotors. Die Elektrodennadeln der nur halb übergeschobenen Inductionsrolle waren in das Hüftgeflecht eingestochen. Die gebrauchte Wagschale wog 16^{g}. Die stärkeren Belastungen wurden durch Auflagegewichte hergestellt.

ab ist immer die Muskelcurve, bei welcher der Muskel die Belastung nur während der Zusammenziehung und der Erschlaffung trug, *cd* die Curve, die er nach vorangegangener Dehnung durch das Zuggewicht lieferte. *ef* bezeichnet die Länge der senkrechten Dehnung durch die Belastung, *g* die erste Erschlaffungslinie des gespannten und *h* die des gedehnten Muskels.

Man sieht, dass Belastungen von 21^{g} (1.), von 116^{g} (2.), von 266^{g} (3.) und von 336^{g} (4.), welche in dieser Ordnung nach einander wirkten, die grösseren Hubhöhen nach vorangegangener Dehnung lieferten, wenn auch der Doppelversuch von 336^{g} absolut niedere Werthe gab. Liess man aber dann nur 21^{g} wirken, so zeigte sich im ersten Augenblicke das Umgekehrte, wobei der Schreibhebel künstlich emporgeworfen wurde. Kein wesentlicher Unterschied verrieth sich hingegen in der Folgezeit.

4) Präparate, in denen die Reizbarkeit bedeutend gesunken war, die ich z. B. 24 Stunden nach dem Tode von Neuem prüfte, verriethen bisweilen die Eigenthümlichkeit, dass schwache Schläge des Magnetelektromotors das Umgekehrte der Norm, die darauf folgenden starken dagegen die gewöhnliche Regel gaben.

5) Es kommt vor, dass der Unterschied der Hubhöhen des Doppelversuches bei Vergrösserung der Belastung nur bis zu einer

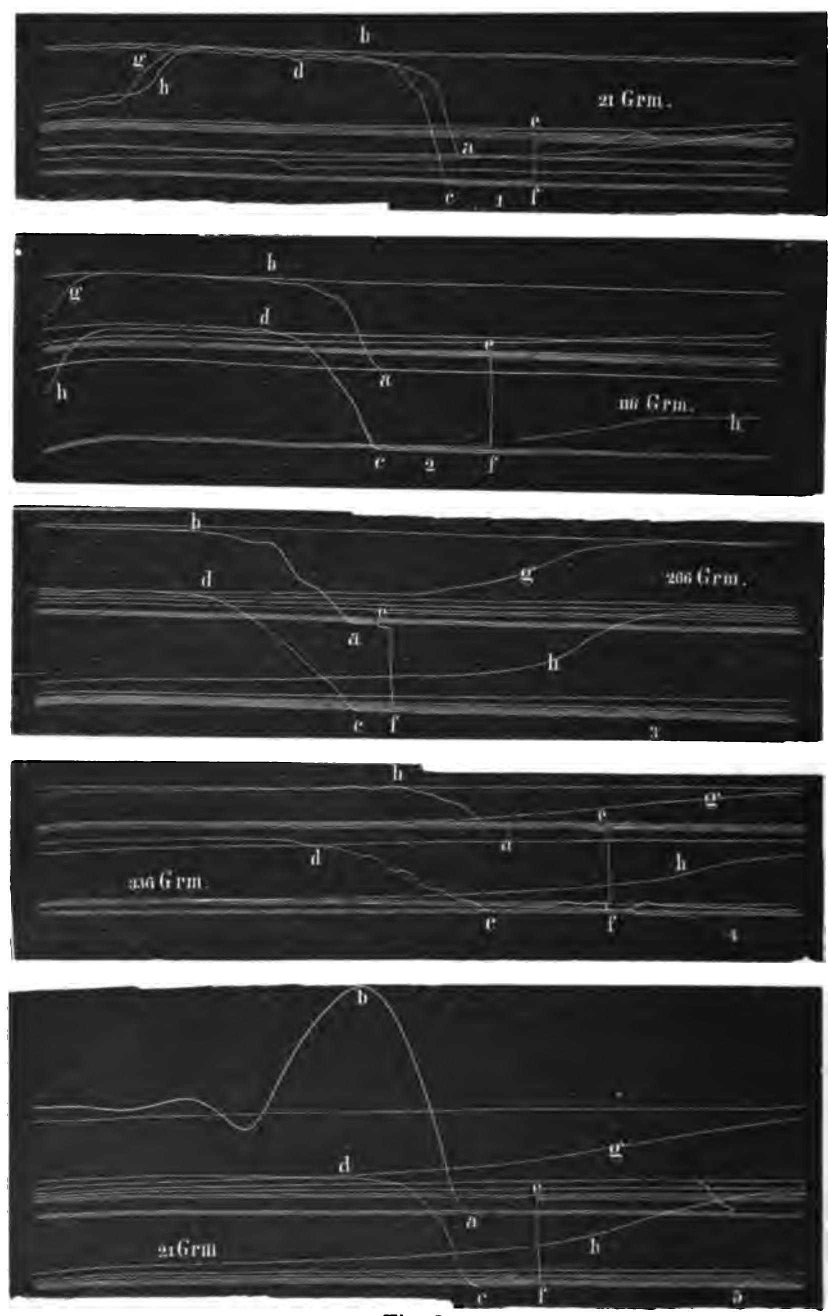


Fig. 2.

gewissen Grösse steigt. Man kann auch, besonders an erschöpften Präparaten, die Erfahrung machen, dass er mit der öfteren Wiederholung desselben Versuches immer mehr abnimmt und zuletzt sogar das Umgekehrte der Regel zum Vorschein kommt.

6) Ich bemerkte schon bei früheren Gelegenheiten, dass die gewöhnliche Bestimmungsweise der Muskelarbeit nach dem als Nutzwirkung bezeichneten Producte der senkrechten Hubhöhe und der gehobenen Last oder des überwundenen äusseren Widerstandes ungenügend ist, weil dabei keine Rücksicht auf die Thätigkeitsdauer genommen wird. Diese hat aber eine wesentliche Bedeutung für die Muskelleistungen, weil hier die Kraft nicht unverändert bleibt, sondern von Augenblick zu Augenblick der Ermüdung wegen abnimmt und auch abgesehen davon die Grösse der Hubhöhe durch die immer mehr durchgreifende Erweichung, also Dehnbarkeit der Muskelmasse leidet. Die uns hier beschäftigenden Doppelversuche liefern häufig Fälle, in denen sich ein solcher Uebelstand wenig oder gar nicht geltend macht. Reizt man das Hüftgeflecht oder den Wadenmuskel mittelst der Anschlagsvorrichtung, die den Kreis eines Hydrostromes nur für einen kleinen Bruchtheil einer Secunde schliesst, so ereignet es sich häufig, dass die auf der Zeitabscisse gemessene Entfernung des Anfanges der Muskelcurve von dem Durchschnittspunkte der die grösste Hubhöhe bestimmenden Ordinate mit der Abscissenachse, also die Dauer der Muskelzusammenziehung genau oder nahezu gleich bleibt, wenn auch der gedehnte Muskel eine grössere Hubhöhe, als der bloss gespannte geliefert hat. Man kann also in diesem Falle die auf gewöhnliche Weise bestimmten Grössen der Nutzwirkungen vergleichen, wenn man bedenkt, dass die stärkere die kräftigere Muskelzusammenziehung begleitende Erweichung wegen der Kürze der Zeit, welche die Schliessungszuckung dauert, unbedeutend bleibt. Da sich aber das Zuggewicht in dem Doppelversuche nicht ändert, so verhalten sich dann die Muskelarbeiten wie die grössten Hubhöhen.

7) Man erhält in günstigen Fällen eine ganze Reihe auf einander folgender Doppelversuche, in welchen die Zusammenziehungszeiten der einzelnen Schliessungszuckungen so wenig von einander abweichen, dass man ihren Einfluss bei der Schätzung der Muskel-

leistung ohne merklichen Fehler vernachlässigen kann. Solche unter einander vergleichbare Beobachtungen zeigen, wie sehr die Nutzwirkung des Wadenmuskels kräftiger Winterfrösche durch die bis zu einem gewissen Grade fortgeführte Erhöhung der Belastung steigen kann. Ein Beispiel möge dieses in Zahlen erhärten.

Trug der Wadenmuskel nur 1,5^{g}, so gab er eine wahre Hubhöhe von 20^{mm} für den bloss gespannten und von 22^{mm} für den gedehnten Zustand. Man hatte also Nutzwirkungen von 3,0 und 3,3^{gcm}. Legte ich dann 100^{g} auf die Wagschale, so dass der Muskel 101,5^{g} tragen musste, so lieferten die beiden Einzelversuche wahre Hubhöhen von 15 und 20^{mm} und mithin Nutzwirkungen von 152,25 und 203,0^{gcm}. Die Vergrösserung des Zuggewichtes um beinahe das 68fache hatte also die Nutzwirkung um fast das 51fache bei dem bloss gespannten und um das 61- bis 62fache bei dem gedehnten Muskel erhöht. Wurde dieser später mit 201,5^{g} beschwert, so ergaben sich Hubhöhen von 5 und 6^{mm}. Die Nutzwirkung sank also dann auf 100,75 und 120,9^{gcm}.

8) Es ereignet sich bisweilen, dass die Erschlaffung den Muskel zu seiner ursprünglichen Länge nur dann zurückführt, wenn er durch ein sehr schwaches Gewicht vor der Verkürzung gedehnt worden. Irgend stärkere Belastungen pflegen diese Erscheinung wenigstens in den ersten, dem Aufhören der Zusammenziehung folgenden Zeiten nicht darzubieten.

9) Die gewöhnliche Norm, dass die Dauer der verborgenen Reizung mit der Abnahme der grössten Hubhöhe der Muskelverkürzung wächst und umgekehrt, bestätigt sich auch im Allgemeinen in den uns hier beschäftigenden Doppelversuchen. Es kommt häufig vor, dass sich die ansteigenden Abtheilungen der niederen Muskelcurve des nur gespannten und der höheren des gedehnten Muskels in ihren Anfängen decken, weil die Unterschiede der beiden verborgenen Reizungen kleiner sind, als die Dicke der aufgezeichneten Linien.

10) Ist noch die volle Reizbarkeit vorhanden, so steigt die Curve des gedehnten Muskels nahezu ebenso steil, als die des bloss gespannten an. (Fig. 1 u. Fig. 2, 1.) Arbeitet man aber an einem Präparate, das schon durch vorangegangene Erregungen mehr oder

minder geschwächt worden, oder hat die Empfänglichkeit im Laufe der nach dem Tode verflossenen Zeit wesentlich abgenommen, so steigt die Curve des gedehnten Muskels besonders bei dem Gebrauche starker Zuggewichte langsamer, als die des gespannten an, so lange nicht die Reizbarkeit unter eine gewisse Grösse gesunken ist. (Fig. 2, 2 u. 3.) Der Unterschied wird hin und wieder geringer, wenn die Empfänglichkeit merklich heruntergegangen und die Belastung verhältnissmässig gross ist, weil dann auch die Curve des gespannten Muskels langsamer ansteigt. (Fig. 2, 4.) Die Differenz kann sich noch wiederholen, wenn selbst später eine sehr geringe Beschwerung ein steileres Emporgehen zur Folge hat. (Fig. 2, 5.)

11) Die durch kräftige Schläge des Magnetelektromotors erzeugten Ermüdungscurven verrathen oft die Eigenthümlichkeit, dass die Erschlaffung des gedehnten Muskels langsamer, als die des gespannten fortschreitet, und daher auch eine längere Asymptose liefert. Arbeitet man mit der Anschlagsvorrichtung auf den letzten Stufen der Empfänglichkeit, so dauern immer die Zusammenziehung und die Erschlaffung verhältnissmässig sehr lange.

12) Hat man den Muskel der Wirkung einer grösseren dehnenden Belastung ausgesetzt und entfernt diese wiederum, so bleibt er immer und zwar nicht bloss die erste Zeit länger, als er früher war. Es ist also dann die Grenze seiner vollkommenen Elasticität überschritten worden. Diese Erfahrung kann beiläufig lehren, wie wenig Werth die Messungen der Dehnungslängen haben, die man durch das Hinwegnehmen kleinerer und das Auflegen grösserer Belastungen oder umgekehrt erzeugt. Ein solcher durch künstliche Mittel bleibend gedehnter Muskel kann immer noch beträchtlichere Hubhöhen, als der gespannte liefern.

Fig. 3 wird nun dieses anschaulich machen. Die Abbildung stammt aus einem Frosche, der eine Stunde vorher mit Curare vergiftet worden. Sie zeigt daher, dass auch die curarisirten nicht zu sehr geschwächten Muskeln der Hauptnorm gehorchen.

Ich äquilibrirte zuerst das Myographion für diejenige Stellung des Schreibstiftes, bei welcher die Spitze desselben das berusste Glanzpapier berührte, befestigte dann den Fuss des Präparates

durch die Einstellung des den Frosch tragenden Brettes so, dass weder eine merkliche Spannung, noch eine sichtliche Entspannung des Wadenmuskels vorhanden war, liess die Zeitabscisse *ab* auf-

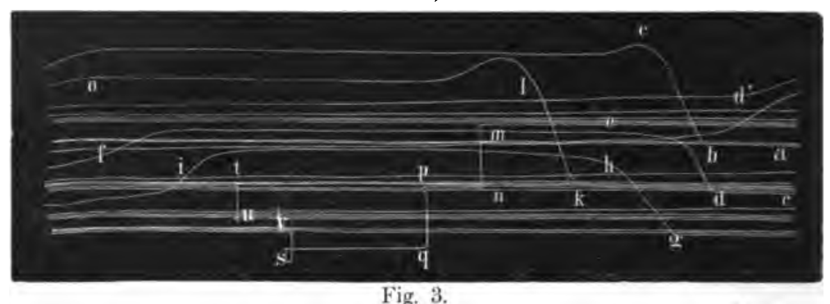


Fig. 3.

schreiben und erzeugte die verhältnissmässig starke Zusammenziehung *bc* durch die Schläge des Magnetelektromotors. Die dazu gehörende Erschlaffungslinie ist mit d^1 bezeichnet. Ich hing hierauf eine 16^g wiegende Wagschale an den unteren Haken des mittleren Myographionstabes vorsichtig auf. Die hierdurch erzeugte senkrechte (scheinbare) Dehnung des Muskels ist in *mn* dargestellt. Wurde jetzt die gleiche Erregungsweise, wie früher, durch den Magnetelektromotor eingeleitet, so ergab sich die Zusammenziehung *de*, deren Erschlaffungslinie mit *f* bezeichnet ist. Die den Ausgang bildende Abscissenachse war dabei *cd*. Legte ich dann 100^g auf die Wagschale, so dass im Ganzen 116^g wirkten, so dehnte sich der Muskel um die Länge *pq*. Ich liess dieses Gewicht noch ziehen, bis die Drehung des wieder in den Gang gesetzten Aufzeichnungscylinders die Linie *qs* aufgeschrieben hatte. Nahm ich hierauf die 100^g fort, so bewirkte die Elasticität des noch 16^g tragenden Muskels eine Längenabnahme von *sr*. Er blieb also um die Entfernung der wagerechten Linien *ru* und *cd* verlängert und schrieb, wie früher gezeigt, die von ihrer Abscisse höher emporsteigende Curve *gh*, deren Erschlaffungslinie *i* ist, auf. Nahm ich dann die 16^g wiegende Wagschale fort, so dass sich gar kein Zuggewicht an dem ursprünglich äquilibrirten Myographionrahmen befand, so verkürzte sich der Muskel um *ut*. Man hatte also eine bleibende Dehnung um die senkrechte Entfernung der Abscissenlinien *ru* und *ab*. Die gleiche Tetanisation, wie früher, gab die Zusammenziehung *kl* mit der Erschlaffungslinie *o*. Die Verkürzung *kl* des gedehnten

Muskels fiel also bedeutend grösser als die frühere *bc* des nicht gedehnten aus.

Verlängert eine Belastung die Muskelfasern, ohne dass sich ihr Rauminhalt ändert, so verkleinert sich zugleich der Querschnitt in entsprechendem Maasse, so dass das Product von ihm und der Länge vor und nach der Dehnung unverändert bleibt. Die Theilchen entfernen sich also von einander in der Richtung der Länge und nähern sich in der der Quere. Zieht sich hierauf der Muskel zusammen, so verkürzt und verbreitert er sich und zwar mehr, als vor der Dehnung im Ruhezustande der Fall war — ein Umstand, der jeden Vergleich mit den Elasticitätserscheinungen unvollkommen macht. Die äusserst geringe Massenverdichtung, welche während der lebendigen Verkürzung auftritt, zeigt an, dass sich die mittlere gegenseitige Entfernung aller Theilchen in geringem Grade verkleinert. Begünstigt aber die grössere wechselseitige Entfernung derselben in der Längs- und die geringere in der Querrichtung die Grösse der Längenabnahme und die der Querschnittszunahme, so heisst dieses in anderen Worten: das (innerhalb gewisser Grenzen bleibende) Wachsthum des gegenseitigen Abstandes in der Längsrichtung befördert die wechselseitige Anziehung der Theilchen und die Abnahme desselben in der Querrichtung die Abstossung, eine Folgerung, zu der auch schon Joh. Müller[1]) gelangt ist. Die Zusammenziehnng kommt also durch eine Kraft zu Stande, die von der Thätigkeitsart der gewöhnlichen Cohäsionskräfte, welche nicht bloss umgekehrt wie die Quadrate, sondern entgegengesetzt wie höhere Potenzen der Entfernungen wirken, wesentlich abweicht. Wir haben gesehen, dass diese günstigeren Wirkungen der grösseren Längen- und der kleineren Querentfernungen innerhalb eines Spielraumes weiter Grenzen geltend bleiben und nur bei übermässig grossen Zuggewichten, welche die Reizbarkeit lähmen, oder auf den letzten Empfänglichkeitsstufen nicht mehr auftreten.

Wird die Belastung von dem Muskel getragen, so sucht ihn das Zuggewicht zu dehnen. Die Verkürzung bewirkt aber das

1) Joh. Müller a. a. O. S. 61 u. 62.

Gegentheil und zwar in stärkerem Maasse. Dieser Kampf, diese nur gleichsam angestrebte, nicht aber in Wirklichkeit hergestellte Dehnung nützt der Kraft weniger, als wenn das Gewicht die ihm mögliche Verlängerung wahrhaft erzeugt hat. Diese Thatsache dürfte eine nicht zu vernachlässigende Grundlage für die Vorstellungen bilden, die man sich über das Wesen der Muskelzusammenziehung machen kann.

XXXVII. Die Giftwirkungen, welche Salzbäder auf Frösche ausüben.

Paul Bert[1]) schilderte die nachtheiligen Folgen des Aufenthaltes von Seefischen in süssem Wasser. Die Entdeckung von Kunde[2]), dass sich die Krystalllinse des Frosches unter dem Einflusse von Kochsalz, Salpeter, Zucker oder der Kälte, wie bei dem grauen Staare, trüben kann, führte zu den späteren erweiternden Untersuchungen von Prussack, Budge und Köhnhorn[3]). Die Folgezeit lieferte eine weitere grössere Reihe hierher gehörender Beobachtungen[4]), welche sich meistentheils auf verschiedene alkalische Salze beziehen. Sie lehrten, dass Körper, welche häufig in kleinen Gaben als Genussmittel dienen, zu den heftigsten Giften in grösseren Mengen werden. Falck und Hermanns[5]) fanden, dass das aus-

1) P. Bert, Mémoire de la société des sciences physiques et naturelles de Bordeaux, Tome IV, Bordeaux 1866 8° p. 47—49; Tome VI, 1869, p. 185—189.

2) Kunde in Siebold und Koelliker's Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie, Bd. VIII, Leipzig 1856 8° S. 466 und Gräfe's Arch. für Ophthalmologie, Bd. III Abth. II Berl. 1857 8° S. 275—277.

3) (Budge et) C. Köhnhorn, De cataracta aquae inopia effectu. Gryphiae 1868 8° p. 9—13.

4) Siehe z. B. (Pflüger und) Kemmerich, Die physiologische Wirkung der Fleischbrühe als Beitrag zur Lehre von den Kalisalzen, Bonn. 1858 8° S. 4—16 und Pflüger's Archiv Bd. II, Bonn. 1859 8° S. 49—93. (Falck und) F. Müller, Beitrag zur Kenntniss der Wirkungen des Chlornatriums, Marburg 1873 8° S. 6—21. G. Bunge, Ueber die Bedeutung des Kochsalzes und das Verhalten der Kalisalze im menschlichen Organismus, Dorpat 1873 8° S. 16—37 und Pflüger's Arch. Bd. IV 1871 8° S. 238—270. L. Mickwitz, Vergleichende Untersuchungen über die physiologische Wirkung der Salze der Alkaloide und der alkalischen Erden, Dorpat 1874 8° S. 11—102, wo auch die Arbeiten von Gutmann, Podkopajen, Botkin und Grundmann angeführt sind. F. Lange, Physiologische Untersuchungen über das Verhalten und die Wirkung einiger Ammoniaksalze im thierischen Organismus, Dorpat 1874 8° S. 13—85.

5) (Falck und) J. Hermanns Toxicologische Studien über das Kalium- und Natriumchlorid, Marburg 1872 8° S. 31 u. 32.

geschnittene in verdünnte Kochsalzlösung gebrachte Froschherz zuerst lebhafter schlägt. Eine dichtere Lösung dagegen lässt es sogleich still stehen. Hueter und Heinecke[1]) endlich verfolgten die Kreislaufsstockungen und die Empfindlichkeitsabnahme, welche Kochsalzbäder in Fröschen erzeugen.

Ich wählte vor Allem die Chloride der Alkalien und der alkalischen Erden, um kennen zu lernen, ob und in welcher Weise Bäder, die aus wässrigen Lösungen solcher Salze bestehen, Frösche, welche in ihnen verweilen, in verhältnissmässig kurzer Zeit tödten oder nicht. Eine grössere Reihe von Versuchen ergab dann:

1) Zehnprocentige Lösungen der Chloride, des Kalium, Natrium, Lithium, Ammonium, Calcium, Magnesium, Baryum, Strontium und Aluminium, die in Mengen von 15 bis 30^{ccm} gebraucht und in einer Höhe von $1-3^{cm}$ aufgeschichtet werden, wirken immer und zwar oft rasch als tödtliche Gifte für Frösche, die man in ein solches Bad gesetzt hat. Die Thiere gehen schon schnell zu Grunde, wenn die Flüssigkeit nur ihre Beine benetzt und Nichts von ihr in die Mundhöhle gelangt, also die äussere Haut allein die Aufsaugung vermittelt.

2) Die individuelle Eigenthümlichkeit des Versuchsthieres und die Beschaffenheit des gebrauchten Salzes bestimmen die Zeitgrösse, nach welcher der Tod eintritt. Die Frösche starben im Allgemeinen nach 2 bis 3 Minuten in der Lösung von Salmiak. Chlorlithium tödtete sie in weniger, als 10 Minuten, Chlorkalium in derselben Zeitgrösse oder etwas später, Chlornatrium in 10 bis 25 Minuten, Chlorcalcium und Chlorbaryum ungefähr nach einer halben, Chlormagnesium und Chloraluminium nach einer ganzen Stunde und Chlorstrontium nach $1\frac{1}{2}$ Stunden, wenn das Bad aus einer zehnprocentigen, wässrigen Lösung bestand.

3) Die Aetzwirkung der als Bad dienenden Flüssigkeit bestimmt im Allgemeinen den Grad der Unruhe, den die Frösche im Anfange zeigen. Kochsalz und nächst ihm Chlorkalium und Chlorlithium wirken in dieser Hinsicht im Allgemeinen nachdrücklicher, als Chlorcalcium und daher auch kräftiger, als Chlormagnesium, Chlorbaryum,

1) (Hueter und) Paul Heinecke's Studien über den Einfluss des Kochsalzes auf die Blutcirculation beim Frosche. Greifswald 1874, 8° S. 10—19.

Chlorstrontium und Chloraluminium, in dem sogar oft die Thiere ruhig bleiben. Der Salmiak lässt es häufig zu keiner irgend anhaltenden Unruhe kommen, weil er schon die Lähmung und den Tod nach weniger als 4 bis 5 Minuten herbeiführt.

Erreicht die Unruhe einen hohen Grad, so springt der Frosch im Anfange lebhaft in dem Behälter herum. Er fällt dabei bisweilen, besonders nachdem die ersten Lähmungserscheinungen eingetreten, so um, dass er auch den Kopf benetzt und die Badflüssigkeit in die Mundhöhle durch die, wahrscheinlich der Uebelkeiten wegen offen gehaltene Mundspalte dringt. Das Thier stellt sich nicht selten mit möglichst gestreckten Hinterbeinen an der Wand des Glases, in dem es sich befindet, auf, um den Aetzwirkungen der Flüssigkeit zu entgehen. Dieses kann auch vorkommen, wenn es sich vorher ruhig verhalten hat. Die reichlichere Absonderung einer schleimigten, Luftbläschen bindenden und daher schaumigten Masse wird nur in einzelnen, selteneren Fällen wahrgenommen.

4) Die ersten Vergiftungszeichen bilden den Ausdruck der langsamen fortschreitenden Lähmung des centralen Nervensystemes. Der Frosch streckt zuerst die Hinterbeine am Ende des Sprunges oder einer anderen kräftigen Bewegung starrkrampfartig für einen Augenblick aus. Die Zusammenziehungen werden in der Folge immer mühsamer und beschränkter. Das Thier springt immer niedriger. Es kann zuletzt nur kriechen und ist bald nicht mehr im Stande, sich herumzudrehen, nachdem es auf den Rücken gelegt worden. Es verliert endlich die Fähigkeit, irgend ausgedehntere Ortsbewegungen zu machen. Das Vermögen aber, eine beschränkte Anzahl von Muskeln eines Gliedes oder eines anderen Körpertheiles ohne äussere Veranlassung zusammenzuziehen, erhält sich auch bisweilen bis zu dem Tode in immer abnehmendem Maasse. Die Willkürbewegungen leiden also zuerst, verharren aber am Längsten in ihren letzten Resten.

5) Die starrkrampfähnliche Zusammenziehung der Hinterbeine nach ausgiebigeren Bewegungen kann eigenthümliche Formen in einzelnen selteneren Fällen annehmen. Die Zehen werden dann möglichst von einander entfernt und daher die Schwimm-

haut weit ausgespreitzt. Wechselkrämpfe ganzer Muskeln oder fibrilläres Zittern folgen unmittelbar auf die starrkrampfähnliche Verkürzung. Sie können an Muskeln, die sich bei den früheren Willkürbewegungen nicht betheiligt haben, z. B. den Bauch- oder den Rückenmuskeln vorkommen.

6) Das Zusammendrücken der Zehen erzeugt keine Reflexbewegungen verhältnissmässig lange, ehe die willkürlichen Zusammenziehungen erlöschen. Versagt der Druck, so kann noch das Betupfen der Haut mit verdünnter Essigsäure und, wenn auch dieses Mittel nicht mehr wirkt, ein Hautschnitt oder die Entfernung des Augapfels aus der Augenhöhle zum Ziele führen. Es zeigt sich als seltene Ausnahme, dass der Zehendruck, der vorher immer fehlgeschlagen, plötzlich noch einmal wirkt, nachdem die übrigen Mittel erfolglos geblieben. Man findet aber allgemein als Hauptnorm, dass die Reflexbewegungen weit eher, als die willkürlichen Zusammenziehungen erlöschen, dass also wahrscheinlich die Vermittler der Empfindungen früher, als die der Bewegungen absterben.

Es giebt eine gewisse Periode der Vergiftung, zu welcher die Frösche geneigt sind, Stimmtöne und zwar bisweilen sehr eigenthümlichen Klanges, wie man sie in gesunden Thieren nie hört, nach Berührung der Haut, also als Reflexwirkung hervorzubringen.

7) Blieben die Hautreize wirkungslos, so ereignete es sich bisweilen, dass das Zusammendrücken des Magens und des Dünndarmes mit der Pincette lebhafte Reflexbewegungen der Hinterbeine hervorrief. Die Empfindungsthätigkeit dieser Unterleibseingeweide erhielt sich also in diesen Fällen länger, als die der äusseren Haut.

8) Die Empfänglichkeit für mechanische und bald darauf auch die für elektrische Reize schwand rasch nach dem Tode, wenn das Salzbad das Leben nach weniger, als einer Viertelstunde des Aufenthaltes des Thieres in der Flüssigkeit vernichtet hatte. Eine Zwischenzeit von 1 bis 3 Minuten reichte dann bisweilen hin, um kräftige Kettenströme oder die stärksten Schläge des Magnetelektromotors für das Hüftgeflecht wirkungslos zu machen, nachdem sie vorher die lebhaftesten Verkürzungen erzeugt hatten. Wirkte das Bad z. B. von Chlorstrontiumlösung langsamer, so er-

hielt sich auch die Reizempfänglichkeit der Nerven und der Muskeln länger, doch immer bedeutend kürzere Zeit, als in enthaupteten Fröschen, und nie länger, als einige Stunden nach dem Tode.

9) Die elektrische Reizung versagt stets zuerst am Rückenmarke und zwar nicht immer nur oben, dann an dem Hüftgeflechte und bisweilen erst später an den Armnerven und zuletzt an den Muskeln selbst. Hat die Empfänglichkeit bedeutend abgenommen, so begegnet man nicht selten einem Zeitraume, in dem man eine stärkere elektrische Erregung nöthig hat, wenn der Strom die Masse des Wadenmuskels, als wenn er das Hüftgeflecht durchsetzt, der Unterschied des Leitungswiderstandes möge ausgeglichen sein[1]) oder nicht. Die Nerven sterben aber dessungeachtet zuletzt früher, als die Muskeln ab.

10) Man begegnet hier nicht selten dem Falle, dass die Nerven und selbst die Muskeln für die eine Stromesrichtung länger, als für die andere empfänglich bleiben. Das Hüftgeflecht und der Wadenmuskel antworten in der Regel nach dem Zuckungsgesetze der lebenden Nerven d. h. mit einer blossen Schliessungszuckung der nur eine Oeffnungszusammenziehung auf einer gewissen Stufe der Abnahme der Reizbarkeit oder nach wiederholten Misshandlungen der Nerven nachfolgt. Die Erwiederung des in der Regel misshandelten Nerven des galvanischen Froschpräparates, eine Schliessungszuckung bei ab- und eine Oeffnungszuckung bei aufsteigendem Strome, zeigte sich nur in einzelnen Ausnahmen auf den letzten Reizbarkeitsstufen, wenn man die Leitungsnadeln in das unversehrte Hüftgeflecht oder oben und unten in den Wadenmuskel gestochen hatte.

11) Wie sich die elektrotonischen Wirkungen in dem enthaupteten und sonst unversehrten Frosche anders gestalten, als in den misshandelten Nerven des galvanischen Froschpräparates, dessen Antworten man als die Folge eines allgemein geltenden Gesetzes anzusehen pflegt, so wiederholte sich das Gleiche für die Frösche, welche in einem zehnprocentigen Kochsalzbade zu Grunde gegangen waren. Die augenblickliche Stimmung der Nerven, der

1) Pflüger's Archiv für Physiologie. Bd. XI, 1875 8° S. 486 u. 487.

eben vorhandene Molecularzustand der thätigen Masse bedingt den Erfolg. Es kann daher vorkommen, dass die kat- und die anelektrotonische Abtheilung eine Erhöhung im Anfange und eine Erniedrigung auf den letzten Reizbarkeitsstufen zeigen oder dass nur der eine der beiden Nervenabschnitte den elektrischen Reiz mit einer Vergrösserung an der an- und einer Verkleinerung an der katelektrotonischen Seite beantwortet. Ist der beständige Strom, welcher die mittlere Nervenabtheilung durchsetzt, nicht so stark, dass er alle Wirkungen der oberen Nervenstrecke hemmt, so können alle Versuche der Art nur dazu dienen, die augenblickliche Nervenstimmung kennen zu lernen, nicht aber irgend ein allgemeines, von dieser unabhängiges Gesetz nachzuweisen.

12) Die Dauer der verborgenen Reizung vergrössert sich auch hier, wie sonst, auf den letzten Reizbarkeitsstufen, wenn sich der Muskel nicht bloss schwächer, sondern auch langsamer zusammenzieht, wenn daher die Muskelcurve niedriger und zugleich flacher wird. Sie kann unter sonst gleichen Verhältnissen etwas kürzer bei der unmittelbaren Muskel-, als bei der Nervenreizung ausfallen, mag auch diese eine grössere Hubhöhe, als jene zur Folge haben.

13) Die Gestalten der Muskelcurven weichen im Allgemeinen von den Formen derselben, welche Frösche, die in gesundem Zustande rasch getödtet worden, nicht ab. Die letzten Erregbarkeitsstufen bieten häufig den Fall dar, dass zwar noch die Linie der Verkürzung ziemlich steil ansteigt, die Zusammenziehung also noch verhältnissmässig rasch erfolgt, die Erschlaffungslinie dagegen sehr schwach abfällt und sich daher lange hinzieht, der Muskel also seinen Zustand rascher ändert, als er zu seinen früheren Verhältnissen zurückkehrt.

14) Das Gesetz, dass der Wadenmuskel, den das Zuggewicht um eine gewisse Grösse in ruhendem Zustande gedehnt hat, dieses durch seine Verkürzung höher hebt, als wenn er es nur während seiner Zusammenziehung trägt, bestätigte sich auch ausnahmslos an Fröschen, die durch ein Kochsalzbad getödtet worden.

15) Die elektromotorischen Eigenschaften, welche ich an Fröschen untersuchte, die in Bädern von Chlorkalium, Chlor-

natrium, Chlorlithium oder Chlorammonium zu Grunde gegangen waren, boten nichts wesentlich Eigenthümliches dar. Die negative Schwankung des Nervenstromes erhielt sich eine bedeutend längere Zeit, als die Fähigkeit, durch mechanische oder elektrische Reizungen Muskelverkürzungen anzuregen. Der einen richtigen Muskelstrom darbietende Schneidermuskel gab noch eine negative Schwankung, wenn das freie Auge keine Verkürzung mehr erkannte. Der Elektrotonus des Hüftnerven fiel im Anfange schwach aus. Die elektromotorischen Eigenschaften der lebenden Nerven verloren sich auffallend schnell in einem Frosche, der durch ein Salmiakbad getödtet worden.

16) Die ganz frischen, mit keinem Flüssigkeitszusatze versehenen Nervenfasern der Hüftnerven zeigten keine Abweichung des Nervenmarkes von den gewöhnlichen Verhältnissen. Es erweist sich daher auch als negativ doppeltbrechend in Bezug auf die Längsachse. Die unter Nr. 4 erwähnten Lähmungserscheinungen lassen annehmen, dass wesentliche Veränderungen in den Ganglienkugeln des centralen Nervensystemes eingegriffen haben. Ich konnte aber in dieser Hinsicht nichts weiter wahrnehmen, als dass die mit Primitivfasern vermengte oberflächliche graue Masse der Grosshirnhemisphären den rothen Gypsgrund des Polarisationsmikroskopes unter allen Azimuthen in Bezug auf die Achsenebene des Gypses gelb färbte — eine Erscheinung, die auch an gesunden Fröschen vorkommen kann. Befeuchtet man einen solchen Schnitt, der von einem Kochsalzfrosche stammt, mit einer Auflösung von salpetersaurem Silberoxyd, so erhält man verhältnissmässig zahlreiche Niederschläge von Hornsilber, die aber ebensogut vom Blute, als von der Hirnmasse selbst herrühren können.

17) Hatte ich die schon den Winter über im Dunkeln aufbewahrten Frösche auch während des Bades vom Lichte fern gehalten, so fehlte die rothe Färbung der Stäbchenschicht der Netzhaut in keinem Falle. Sie schien nur in einem Salmiakfrosche wesentlich gelitten zu haben. Das Netzhautroth eines Lithiumfrosches war noch nach zwei Stunden nicht völlig abgebleicht, wenn man das mit einem dünnen Gläschen gedeckte Präparate im Dunkeln gelassen hatte.

17) Man kann einen vollständigen grauen Staar auf jedem der beiden Augen eines Frosches in kurzer Zeit erzeugen, wenn man einen halben bis einen ganzen Gramm Kochsalz in die Mund- und die Rachenhöhle einführt. Die Linsen blieben hingegen hell, wenn ich dreimal je einen Gramm gesättigter Kochsalzlösung unter die Rückenhaut nach Zwischenzeiten von je einer halben Stunde gespritzt hatte. Ebenso zeigte sich nie eine Trübung derselben, wenn der Frosch durch irgend ein zehnprocentiges Bad einer Alkaliverbindung oder eines alkalischen Erdsalzes zu Grunde gegangen war. Brachte man aber die helle Linse in die zehnprocentige Lösung selbst, so trübte sie sich auf der Stelle. Ihre Faservertheilung wurde in der Salmiaklösung auffallend deutlich. Reines Wasser hellte sie nach und nach wiederum auf. Diese Thatsachen lehren, dass keine zur Trübung hinreichend dichte Salzlösung aus dem Blute schwitzte, wenn die Winterfrösche durch ein zehnprocentiges Salzbad getödtet wurden. Sommerfrösche boten bisweilen Linsentrübungen nach Kochsalzbädern dar.

19) Die frische Krystalllinse aller Wirbelthierklassen, also auch der Frösche, giebt eine positive Wirkung der Doppelbrechung auf dem rothen Gypsgrunde oder an dem ursprünglichen Polarisationskreuze mit Hilfe eines Glimmerblättchens von ¼ Wellenlänge für Gelb. Dasselbe wiederholte sich für die Linsen aller durch die Salzbäder getödteten Frösche. Legte ich die aus dem Auge entfernten Linsen in die zehnprocentige Lösung, welche das Bad gebildet hatte, so blieb im Anfange ein mittlerer Theil durchsichtiger, weil die Trübung von aussen nach innen fortschreitet und daher der noch helle Kern nur oben und unten von einer Anzahl trüber Linsenschichten bei dem Durchsehen umgeben war. Man konnte sich an dieser Stelle überzeugen, dass der positive Charakter der Doppelbrechung noch vorhanden war. Hatte man die Linse am folgenden Tage dadurch aufgehellt, dass man sie in reines Wasser für einige Zeit gelegt, so war die frühere Beschaffenheit immer noch vorhanden. Dieses wiederholte sich auch an den durch die Einführung von festem Kochsalz in die Mundhöhle kataraktös gemachten Linsen nach deren Aufhellung durch Wasser.

Blieb die Linse eines Salzbadfrosches eine Reihe von Tagen in reinem Wasser, ohne getrübt zu werden, so zeigte sich bisweilen der positive Charakter der Doppelbrechung nur an einzelnen Stellen. Die Linse erschien später in ihrer ganzen Ausdehnung gelb auf dem rothen Gypsgrunde. Es ereignete sich auch, dass dieser an manchen Stellen unverändert durchschien, weil man hier eine einfache Brechung als den Nullpunkt bei dem Uebergange aus dem positiven in den negativen Charakter, von dem stärkeren Brechungscoëfficienten des ausserordentlichen zu dem des ordentlichen Strahles hatte. Die negative Doppelbrechung stellte sich nach einiger Zeit ein. Man erhielt also hier unter Wasser die gleiche Erscheinung, die man bei dem Eintrocknen der Froschlinsen als Regel bemerkt. Es gelang mir jedoch anderseits, Linsen von Salzbadfröschen so zu trocknen, dass sie Monate lang durchsichtig und positiv doppeltbrechend blieben.

19) Einzelne Haargefässbezirke der Schwimmhaut und der die Zehen bekleidenden Haut, die wir kurz die Zehenhaut nennen wollen, können schon in gesunden Fröschen kenntlicher werden, wenn sie mit stockendem Blute gefüllt sind. Der Aufenthalt von wenigen Minuten in einem zehnprocentigen Bade von Chlorkalium, Chlornatrium, Chlorammonium, Chlorcalcium oder Chlorbaryum erzeugt in der Regel die vollständigste und daher prachtvollste Einspritzung dieser Theile, die man am Besten unter einer Linearvergrösserung von 11- bis 12mal im Durchmesser sieht. Man kann diese natürliche Füllung aller Blutgefässe mit stockendem Blute durch verdünnte Salpetersäure fixiren und dann das Präparat in Glycerin oder nach der Entwässerung durch absoluten Alkohol in Canadabalsam aufbewahren. Die zehnprocentigen Chlorlithium-, Chlorstrontium-, Chlormagnesium- und Chloraluminiumbäder lieferten nur unvollkommene Einspritzungen. Ist die Füllung vollständig, so zeigt die Schwimmhaut eine nicht geringe Menge von Haargefässen, die bei der Beobachtung des Kreislaufes des gesunden Thieres nicht aufzufallen pflegen.

Die Haut des Bauches und die der Kehle erscheinen bisweilen röther als sonst. Man erkennt dann nicht selten in ihnen einzelne stärker gefüllte Blutgefässe mit freiem Auge. Auch die Muskeln

zeichnen sich bisweilen durch ihre röthere Färbung aus. Die mikroskopische Untersuchung der Mundschleimhaut, der Zunge, der Lungen, des Nahrungscanales, der Nieren zeigt nicht selten eine mehr oder minder vollständige Einspritzung der Blutgefässe mit stockendem Blute.

20) Ein Farbenwechsel der Haut kann auch durch eine Aenderung der Form oder des Inhaltes der Pigmentzellen zu Stande kommen, so dass sich z. B. rostfarbene Färbungen auf diese Weise herstellen.

21) Bildet sich die Stockung des Blutlaufes langsamer aus, so kann man sich überzeugen, dass der ganze Hohlraum der grösseren Gefässe der Schwimmhaut schon mit rothen Blutkörperchen fast gänzlich gefüllt ist, dass die Stämme daher als rothe, verhältnissmässig breite Gebilde dem freien Auge auffallen, wenn noch in ihnen das Blut mit einer in Folge der Vergrösserung ziemlich bedeutenden scheinbaren Geschwindigkeit kreist. Die Röthung erzeugt sich daher früher, als die Stockung.

22) Die Vorhöfe und die Herzkammer erscheinen nach dem Tode von dunklem Blute ausgedehnt, wenn das Thier in einem der kräftiger und rascher wirkenden zehnprocentigen Salzbäder zu Grunde gegangen. Es kommt hingegen sonst vor, dass nur die Vorkammern ihres reichlichen Inhaltes wegen stark gefüllt und dunkel sind, der Ventrikel hingegen blass gefunden wird. Hat man die ruhenden Vorhöfe auf die bald zu erwähnende Weise zum Klopfen angereizt, so füllt sich bisweilen zuerst nur ein Theil der Kammer mit dem ausgepressten Blute, das bei der nächsten Systole meist vollständig fortgetrieben wird.

23) Steht das Herz still, so kann man es zuerst, wie gewöhnlich, zur Zusammenziehung bringen, wenn man die Gegend der Querfurche mit der Pincette drückt. Ist diese mechanische Reizbarkeit geschwunden, so gelingt noch eine Reihe elektrischer Versuche in einer Vollständigkeit, wie sie Frösche, die gesund rasch getödtet worden, nicht darzubieten pflegen.

Sticht man die eine Elektrodennadel in die Weichtheile oberhalb der Vorhöfe und die zweite in die Gegend unterhalb der Herzspitze, so erzeugt die elektrische Reizung je nach dem Zustande

der Empfänglichkeit eine Anzahl vollständiger Herzschläge oder nur eine einzige Zusammenziehung beider Vorhöfe und eine nachfolgende der Kammer, oder eine blosse Verkürzung der gesammten Vorkammern oder nur eines Theiles einer einzigen oder nur eine solche des Hohlvenensinus bei dem Schlusse eines auf- oder eines absteigenden Stromes. Die spätere Empfänglichkeitsabnahme kann es bewirken, dass nur eine der beiden Stromesrichtungen einen Erfolg herbeiführt. Man begegnet auch Fällen, in denen man eine Verkürzung nicht bloss bei dem Schlusse, sondern auch bei dem Oeffnen der Kette erhält oder die Herztheile während der Dauer des Geschlossenseins oder nach dem Oeffnen des elektrischen Kreises klopfen.

Dieser Kettenversuch zeigt zwei merkwürdige Eigenthümlichkeiten. Es gelingt häufig längere Zeit nach dem Tode, wenn schon die Nerven und die Muskeln der Beine für die gleiche elektrische Erregung unempfänglich sind. Man kann aber noch und zwar schon ziemlich frühzeitig die Erfahrung machen, dass die stärksten und noch so oft wiederholten Schläge des Magnetelektromotors von keinem Theile des Herzens mehr beantwortet werden, wenn noch die Kettenströme die geschilderte Wirkung Stunden lang darbieten.

Die Tetanisation durch Inductionsschläge erzeugt zuerst Hemmung und später Beschleunigung der Herzthätigkeit. Es kann dann bei hoher Reizempfänglichkeit vorkommen, dass das Herz nach dem Schlusse eines auf- oder absteigenden Kettenstromes einen Augenblick stillsteht.

Eine angeblich charakteristische Wurmbewegung der einzelnen Herztheile ist mir nicht vorgekommen. Ich habe höchstens unbedeutende Spuren derselben in Ausnahmsfällen bemerkt.

24) Die Hüllen der Blutkörperchen erscheinen unter Durchmesservergrösserungen von 140 für 25 ^{cm} Sehweite nach Vergiftung durch die kräftiger wirkenden Salzbäder so dunkelbraunroth, dass man den Kern nicht unmittelbar erkennt. Verdünnt man aber das Blut mit Wasser, so hellen sich die Hüllen sogleich auf und man sieht dann die Kerne deutlich. Die Veränderung des Farbestoffes der Blutkörperchen fehlte aber z. B. nach einem Chlor-

magnesiumbade, ohne dass deshalb die gewöhnlichen Lähmungserscheinungen des centralen Nervensystemes mangelten. Diese setzen also nicht nothwendig jene voraus.

25) Es ist nicht gerechtfertigt, Salze, wie das Kochsalz als Herzgifte zu bezeichnen. Steht auch das Herz früher oder später nach einem Salzbade still, so sind doch schon immer vorher die Kräfte des centralen Nervensystemes bedeutend gesunken. Die Entfernung des Herzens aus einem gesunden Frosche lässt die Fähigkeiten des Gehirnes, des Rückenmarkes, der Nerven und der Muskeln Stunden lang in grösster Stärke fortbestehen.

26) Die hinteren Lymphherzen zeigten ein sehr wechselndes Verhalten. Sie ruhten bald vor und bald nach dem Aufhören des Schlages des Blutgefässherzens. Ihre Empfänglichkeit für mechanische Erregungen ging kurze Zeit darauf verloren. Die elektrische Erregung, wie sie in Nr. 23 bei den Blutgefässherzen geschildert worden, gelingt hier nur sehr selten.

Die Rückenhaut eines Frosches, der in einem zehnprocentigen Chlorcalciumbade zu Grunde gegangen war, lag den Muskelmassen so dicht an, dass die Vermuthung entstand, die gebrauchte Lösung hätte den grössten Theil der Flüssigkeit, die sich in den mit Unrecht sogenannten Lymphräumen befand, in Folge ihrer Wassereinsaugung aufgenommen.

27) Die Athembewegungen wechseln in hohem Grade mit Verschiedenheit der Thiere selbst bei dem Gebrauche derselben Salzlösung. Man hat bisweilen im Anfange eine lebhaftere Thätigkeit der Kehle allein oder dieser und der Bauchmuskeln. Jede sichtliche Athmung kann längere Zeit aussetzen und dann wiederum mit grösserer oder geringerer Stärke von Neuem auftreten. Die Reflexbewegungen der Beine werden nicht selten von solchen der Kehle begleitet. Die Thätigkeit von dieser hält oft bedeutend länger, als jede reflectorische oder willkürliche Zusammenziehung der Extremitäten an.

28) Die Reizbarkeit des Magens und des Darmes, die sich im Frosche überhaupt nicht mit genügender Sicherheit verfolgen lässt, schwindet bald früher und bald später. Die Einschnürungen, welche das Zusammendrücken mit der Pincette anregt, entstanden

bisweilen zuletzt erst einige Minuten nach dem Eingriffe. Es war mir nicht möglich, die Verkürzungserscheinungen dieses Gebildes und besonders die des Schlundes und des Magens durch die Zerstörung des centralen Nervensystemes lebhafter zu machen und dessen Eintritt auf diesem Wege zu erleichtern[1]).

29) Obgleich die zehnprocentigen Lösungen aller in Nr. 1 genannten Verbindungen die Flimmerbewegung, die Regsamkeit der Spermatozoiden und das Leben der in dem Frosche vorkommenden Schmarotzer sogleich aufheben, so dauerten doch diese sämmtlichen Lebenserscheinungen in allen durch Salzbäder getödteten Fröschen fort. Dasselbe gilt von den Schmarotzerthieren des Froschblutes, den Flimmerkörpern und den Filarien desselben, den Opalinen des Mastdarmes, den Filarien dieses und des Dünndarmes und von Exemplaren von Polystoma integerrimum, die nicht in der Harnblase, sondern in dem Darm vorkamen. Hat der Frosch einen Theil der Mundschleimhaut mit einer grösseren Menge der zehnprocentigen Salzlösung benetzt, so steht hier die Flimmerbewegung still, während sie in der Nachbarschaft fortdauert.

30) Will man die Anwesenheit von Lithium, Magnesium, Baryum, Strontium oder Aluminium nachweisen, so darf man sich nicht auf die Ergebnisse, welche die heisse dunkle Flamme eines gewöhnlichen Bunsen'schen Brenners liefert, verlassen, sondern muss eine Wasserstoff- oder eine Knallgasflamme gebrauchen oder die Verbrennung durch den elektrischen Funken vornehmen. Ich habe dieses letztere Verfahren in allen uns hier beschäftigenden Versuchen befolgt. Der Frosch wurde zuerst eine Zeit lang in einem breiten Strahle laufenden Wassers abgewaschen, so dass man sicher sein konnte, dass die an der äusseren Haut noch anhaftende Badeflüssigkeit keine Täuschungen herbeiführte. Ich veraschte hierauf den Magen, den Darm, die Leber und einen Theil der Muskeln im Platintiegel und nahm den Rückstand mit verdünnter Salzsäure auf. Die Kohlenspitzen, zwischen denen der Funke eines Ruhmkorff's, den eine Bunsen'sche Tauchbatterie

---

1) Vergl. die Erfahrungen von Goltz und Kluge in: (Landois und) K. Kluge's Versuche über die Bewegungen des Schlundes und des Magens im Frosche, Greifswald 1875 8° S. 5 u. 29.

von sechs Elementen trieb, durchschlug, wurden mit der Flüssigkeit befeuchtet und der Funke selbst mit einem Hoffmann'schen Spectroskop mit gerader Durchsicht, das ein breites Spectrum lieferte, untersucht. Die senkrechten hellen Linien, welche das wagerechte Linienspectrum zeigte, lehrten, dass die veraschten Theile das Salz des Bades enthielten und zwar schon wenige Minuten, nachdem das Thier in die Flüssigkeit eingesetzt worden. Hierbei wurden die Spectren schwer verdampfbarer Körper, wie z. B. des Magnesiums mit dem der ursprünglich angewandten Lösung verglichen. Diese Erfahrungen beweisen natürlich nur den raschen Uebergang der Badeflüssigkeit in das Blut, das in jedem der genannten Körpertheile enthalten war.

Die Spectralanalyse lässt sich nicht bloss, wie ich früher schon erläuterte[1]), für die Erkenntniss einzelner Körperbestandtheile, sondern auch für die Verfolgung der Einsaugungserscheinungen mit Erfolg gebrauchen.

31) Sind die Lähmungswirkungen nicht allzusehr fortgeschritten, so kann sich das Thier wiederum vollständig erholen, wenn man es in ein trockenes oder in ein am Boden mit Wasser versehenes Glas versetzt. Man sieht bisweilen dabei, dass die Vergiftungszeichen noch im Anfange Fortschritte machen. Die Besserung scheint von dem Uebergange des schädlichen Stoffes in den Harn herzurühren. Sie kann auch ohne Urinentleerung eintreten.

32) Fünfprocentige Lösungen wirken langsamer, führen aber zuletzt ebenfalls zum Tode. Die Einspritzung der Gefässe der Schwimm- und der Zehenhaut mit stockendem Blute zeigte sich schon nach 2 bis 5 Minuten bei dem Gebrauche des Kochsalzbades. Die Lähmung trat schnell bei dem Chlorkalium auf. Der Salmiak tödtete sehr rasch, Chlorlithium, Chlorcalcium und Chlorbaryum dagegen erst nach einer halben und Chlormagnesium nach zwei Stunden. Eine fünfprocentige Chloraluminiumlösung liess den Frosch noch nach 6 ½ Stunden gesund erscheinen. Der Tod trat aber während der Nacht ein.

---

1) Der Gebrauch des Spectroskops zu physiologischen und ärztlichen Zwecken, Leipzig u. Heidelberg 1863 8° S. 131—138.

33) Eine zweiprocentige Lösung von Chlorkalium tödtete nach $1\frac{1}{2}$ Stunden. Es musste daher um so·mehr befremden, dass Frösche 5 bis 6 Tage in einer Kochsalzlösung von derselben Concentration fortlebten und zuletzt unter den gleichen Erscheinungen starben, unter welchen Thiere der Art zu Grunde gehen, wenn man das sie umgebende Wasser längere Zeit nicht gewechselt hat. Eine zweiprocentige Lösung von Chlorlithium tödtete über Nacht, eine solche von Chlorbaryum nach 1 bis 2 und eine von Chlormagnesium nach 5 bis 6 Tagen. Die Frösche blieben in zweiprocentigen Bädern des Chlorcalcium und des Chloraluminium vollkommen munter. Der Salmiak dagegen wirkte so nachtheilig, dass der Frosch nach einigen Stunden starb, nachdem er sich von einer halbstündigen Einwirkung desselben Bades scheinbar vollständig in einem trockenen Glase erholt hatte.

Ueber die Ausscheidung der Phosphorsäure bei den Pflanzenfressern.

Von

Dr. **Julius Bertram,**

Assistent am landw. physiol. Institut zu Leipzig.

(Mit Tafel II.)

Unter den anorganischen Bestandtheilen des Thierkörpers nehmen die phosphorsauren Salze eine hervorragende Stelle ein, dieselben finden sich in fast allen thierischen Geweben und Flüssigkeiten vor, sie sind die stetigen Begleiter der Eiweissstoffe und spielen beim Aufbau der Organe eine bedeutende Rolle.

Sowohl Fleisch- als Pflanzenfresser erhalten unter normalen Ernährungsverhältnissen in ihrer Kost eine zur Deckung des Bedarfs hinreichende Menge von Phosphaten, dagegen zeigen beide Säugethiergruppen wesentliche Unterschiede in Betreff der Ausscheidungswege der für ihren Organismus nicht mehr verwendbaren phosphorsauren Salze.

Während bei den Carnivoren der weitaus grösste Theil der eingeführten Phosphorsäure (mehr als 90%)[1]) im Harn zur Ausscheidung gelangt, enthält der Harn der Pflanzenfresser, wie aus den Untersuchungen der namhaftesten Forscher hervorgeht[2]), stets nur Spuren dieser Verbindung, es erfolgt also hier die Ausfuhr der Phosphorsäure im Wesentlichen durch den Darm.

Die im Allgemeinen richtige Annahme, dass die aus der Nahrung resorbirten Stoffe und ihre Oxydationsproducte theils als Kohlensäure und Wasser durch die Lungen, theils in gelöster Form im Harn zur Ausscheidung gelangen, erleidet daher in Betreff der Phosphorsäure beim Pflanzenfresser eine Ausnahme, indem dieselbe, obgleich der Resorption in hohem Grade unterliegend, fast voll-

---

1) E. Bischoff, Zeitschr. f. Biolog. Bd. III S. 310 ff.

2) Boussingault, Mém. de chimie T. XXII p. 169. — Henneberg und Stohmann, Beitr. etc. Bd. I S. 111. — Knop, Lehrb. d. Agriculturchemie S. 856. — Henneberg, Neue Beitr. Bd. I S. 121. — Stohmann, Biolog. Studien S. 148.

ständig durch den Darm entfernt wird. Eine ähnliche Ausnahme finden wir bei allen Säugethieren in Bezug auf die Ausfuhr des Eisens aus dem Körper.

Schon Liebig macht auf die Bedeutung dieses Umstandes aufmerksam, indem er sagt[1]): „Es giebt wohl keine Thatsache, welche überzeugender für die Function des Darmcanals als eines Secretionsorgans zu sprechen scheint, als der Mangel des Eisens im Harn überhaupt, und die Abwesenheit der phosphorsauren Salze im Harn der Pflanzenfresser.“

Die Omnivoren, welche in Bezug auf ihre Nahrung zwischen Fleisch- und Pflanzenfressern stehen, nehmen auch in Betreff der Wege, auf welchen die Ausfuhr der Phosphorsäure erfolgt, eine Mittelstellung zwischen beiden Gruppen ein.

Zur Orientirung diene folgende Tabelle, bei deren Aufstellung aus später zu erörternden Gründen neben der Phosphorsäure auch die alkalischen Erden Kalk und Magnesia, soweit die Literaturangaben reichen, berücksichtigt worden sind.

Ausscheidung von P_2O_5, CaO und MgO[2]) in Harn und Koth.
(Unter Annahme des Gleichgewichtszustandes in Procenten der Einnahme.)

Beobachter		Hund	Mensch	Mensch	Mensch	Hammel	milchprod. Ziege	Ziegenbock
		Bischoff[3])	Forster[4])	Fleitmann[5])	Bertram[6])	Henneberg[7])	Stohmann[8])	Bertram[9])
Im Harn	P_2O_5	92,0	60,7	68,6	75,8	1,7	—	0,4
	CaO	—	17,8	28,7	43,3	4,7	—	5,1
	MgO	—	38,9	46,5	36,8	25,5	—	29,3
Im Koth	P_2O_5	8,1	39,3	31,4	26,8	98,8	80,6	100,7
	CaO	—	82,2	71,3	60,4	110,8	94,1	96,9
	MgO	—	61,1	53,5	58,6	82,1	24,4	63,6

1) Liebig, Chem. Briefe, Wohlf. Ausg., S. 303.
2) Hier wie überall im Laufe dieser Abhandlung sind zur Erleichterung des Vergleichs die dualistischen Formeln beibehalten worden.
3) l. c. Nahrung Fleisch.*)
4) Ann. der Chemie u. Ph. Bd. LXXI S. 100; Nahrung?*)
5) Poggend. Annal. Bd. LXXVI S. 385; Mässige Diät, vorwiegend Fleisch.
6) Wird unten näher besprochen; Nahrung: 450g Fleisch, 300g Brod, 2l Bier.
7) Neue Beitr. S. 230; Nahrung: Wiesenheu.
8) Biolog. Studien S. 150; Nahrung: 1000g Wiesenheu, 100g Leinmehl. In der Milch finden sich (in % d. Einnahme) 25,9 % P_2O_5, 9,1 % CaO u. 1,1% MgO.
9) Nahrung: Wiesenheu, s. unten.

*) Beide Forscher haben keine Analysen der Nahrung ausgeführt; die angegebenen Zahlen gelten für theoretisches vollständiges Gleichgewicht.

Die vorstehenden Zahlen haben jedoch nur für den jeweiligen Ernährungszustand Giltigkeit, da mit einer Aenderung der Nahrung eine Aenderung der Aschenbestandtheile und ihrer Ausscheidungsgrössen in Harn und Koth Hand in Hand geht. Dieser Einfluss der Kost tritt am deutlichsten beim Omnivoren, dem Menschen, hervor; die oben für denselben angegebeneu Zahlen beziehen sich auf Ernährung mit Vorwiegen des Fleisches, der Harn reagirt in diesem Falle sauer und enthält reichliche Mengen von Phosphorsäure und Kalk; je mehr sich nun aber die Kost des Menschen der des Pflanzenfressers nähert, um so mehr treten die erwähnten Stoffe als Harnbestandtheile zurück, und schliesslich wird bei reiner Pflanzenkost ein Harn producirt, welcher dem der Herbivoren sowohl in Betreff der alkalischen Reaction, als auch in Bezug auf seine Mineralstoffe vollkommen gleicht[1]. Das Umgekehrte hat man am Pflanzenfresser beobachtet; so fand Weiske[2], dass Ziegen bei rein animalischer Nahrung (Milch) einen Harn entleeren, welcher von dem der Carnivoren durchaus nicht zu unterscheiden ist.

Der Harn gesäugter Kälber besitzt ebenfalls saure Reaction und enthält viel Phosphorsäure.

Dasselbe ist bei hungernden Thieren, welche gleichfalls von animalischer Kost, ihrem eigenen Fleische, leben, beobachtet worden.

Diese Thatsachen sind insoferne von Bedeutung, als sie zeigen, dass die Ursachen der abweichenden Beschaffenheit des Harns beider Säugethiergruppen keineswegs in einer Verschiedenheit der Secretionsorgane zu suchen sind, sondern lediglich auf chemische Vorgänge zurückgeführt werden müssen, auf Vorgänge, welche zu den wechselnden Verhältnissen der Mineralbestandtheile der Nahrung und zu der Natur ihrer Verbindungen in engster Beziehung stehen.

Von diesem Standpunkte ausgehend, gab schon Liebig eine Erklärung für die Abwesenheit der Phosphorsäure im Harn der Pflanzenfresser; er äussert sich[3] folgendermassen: „Wir begreifen, dass keine Substanz im Harn enthalten sein kann, welche unlös-

1) Gorup-Besanez, phys. Chemie, 3. Aufl., S. 628.

2) Zeitschr. f. Biolog. Bd. VIII S. 246.

3) Chemische Br., Wohlf. Ausg., S. 303.

lich in dieser Flüssigkeit ist, und dass phosphorsaurer Kalk und phosphorsaure Bittererde in dem Harne des Pferdes und der Kuh deshalb fehlen, weil eine Flüssigkeit, welche so beträchtliche Mengen kohlensaurer Alkalien und kohlensaurer Erden enthält, kein Lösungsvermögen für phosphorsaure Erden besitzt."

Der Phosphorsäuremangel des Harns der Herbivoren ist daher nach Liebig durch das Vorhandensein reichlicher Mengen von Kalk- und Magnesiasalzen in den Vegetabilien, sowie durch deren Gehalt an pflanzensauren Alkalien, welche im Blute in kohlensaure Salze übergeführt werden, bedingt.

Die oben wörtlich wiedergegebene Hypothese, zu welcher der berühmte Forscher auf deductivem Wege gelangt war, hat bis heute noch keine Prüfung durch das Experiment erfahren. Eine Ausfüllung dieser Lücke erschien mir um so wünschenswerther, als folgende, gelegentlich gemachte Beobachtung nicht ganz mit Liebig's Ansicht in Uebereinstimmung zu bringen war:

Im Laufe von Stoffwechselversuchen, welche von Februar bis Mai 1877 im hiesigen landwirthschaftlich-physiologischen Institut mit zwei castrirten Ziegenböcken ausgeführt wurden, zeigte sich, als der Eiweissgehalt der Nahrung bedeutend gesteigert wurde (800 g Wiesenheu und 150 g Kleber), im Harn beider Thiere eine auffallende Zunahme des Phosphorsäuregehaltes. Es schied unter diesen Umständen Thier I 0,22 g, Thier II sogar 1,36 g P_2O_5 pro Tag aus. Der Harn beider Böcke reagirte fortdauernd alkalisch, in dem des Thieres II zeigte sich ein bedeutender weisser Bodensatz, welcher fast vollständig aus den bekannten sargdeckelförmigen Krystallen von phosphorsaurer Ammon-Magnesia bestand.

Da es damals nicht möglich war, neben den vielfachen anderweiten Arbeiten, ausführliche Untersuchungen der Mineralbestandtheile des Harns auszuführen, so musste die Erklärung dieser auffallenden Abweichung vom Normalzustande einer späteren Zeit vorbehalten bleiben.

Es sind im vorliegenden Falle a priori zwei Erklärungsweisen für die Vermehrung der Phosphorsäure im Harn denkbar.

Erstens konnte diese Erscheinung direct auf die gesteigerte Aufnahme von Phosphorsäure zurückgeführt werden. 150 g Kleber

enthielten, wie eine spätere Analyse ergab, etwa 1g Phosphorsäure, in der täglichen Heuration der Thiere waren 4,5g P_2O_5 enthalten, es hatte also die Einfuhr dieses Körpers gegenüber reiner Heufütterung eine nicht unbedeutende Steigerung erfahren (um etwa 22 %).

Zweitens war es möglich, dass durch Oxydation des im Kleber vorhandenen Schwefels bedeutende Mengen von Schwefelsäure und von gepaarten Schwefelsäuren[1]) gebildet worden waren, welche die normal alkalische Reaction des Harns in eine saure verwandelt hatten, wobei dann, nach der Liebig'schen Hypothese ein Uebertreten von Phosphorsäure in den Harn stattfinden konnte. Unter dieser letzteren Annahme musste die beobachtete alkalische Reaction des Harns einem secundären Processe zugeschrieben werden, und zwar der Gährung des Harnstoffs im Sammelgefäss.

Um über diesen letzteren Punkt Auskunft zu erhalten, wurde das Auffangegefäss für den Harn mit Phenol ausgeschwenkt, um so jede Fermenterscheinung auszuschliessen.

Der Harn zeigte jedoch auch mit Phenolzusatz stets die gleiche alkalische Reaction, er enthielt (bei Thier II) nach wie vor die charakteristischen Krystalle der phosphorsauren Ammon-Magnesia, so dass die Annahme, der Phosphorsäure-Gehalt des Harns sei einer sauren Reaction des frisch gelassenen Excretes zuzuschreiben, hinfällig erschien.

Das Auftreten von $POO_3\frac{NH_4}{Mg}$ in dem alkalischen Harn spricht direct gegen den oben citirten Ausspruch Liebig's, wenigstens insoweit derselbe von phosphorsaurer Magnesia handelt. Ueber die An- oder Abwesenheit von Kalksalzen in dem betreffenden Harne liegen leider keine Untersuchungen vor.

Die Analyse der Kleberasche hatte ergeben, dass wenigstens ein Theil der darin enthaltenen Phosphorsäure an Kali gebunden war[2]), und die leichte Resorbirbarkeit des $PO_4\frac{K_2}{H}$ liess es denkbar

1) Baumann, Ber. d. chem. Ges. Bd. IX S. 54 ff.

2) 0,98g Kleberasche = 80g Kleber geben

0,134 K_2O
0,135 CaO
0,099 MgO
0,552 P_2O_5
} Spuren von SiO_2 u. Fe_2O_3.

erscheinen, dass die Zufuhr dieses Salzes den abnormen Phosphorsäuregehalt des Harns hervorgerufen hatte.

Um zu dieser Frage in Fühlung zu treten, sollte zunächst die Wirkung einer directen Einfuhr von PO_4K_2H studirt werden.

Zu diesem Zwecke wurde, nach Beendigung der erwähnten Stoffwechselversuche, einer der Ziegenböcke, welchen mir Herr Professor Stohmann gütigst zur Verfügung stellte, mit Wiesenheu unter Beigabe von phosphorsaurem Kali gefüttert.

Die unter solchen Umständen erlangten Resultate sollen hier zunächst besprochen werden.

1. Versuche am Ziegenbock.

a) Versuchsanordnung.

Während der ganzen Beobachtungsreihe befindet sich das Thier in einem sogenannten Zwangsstalle. Zu Beginn eines jeden Versuchstages wird dasselbe gewogen. Der mittelst eines leinenen Beutels direct aufgefangene Koth wird Früh und Abends in ein tarirtes Glasgefäss entleert und gewogen. Zum Auffangen des Harnes dient ein durch Riemen befestigter Kautschuktrichter, aus welchem ein Gummischlauch den Harn in die unter dem Stalle befindliche Sammelflasche leitet. Harntrichter und Schlauch werden zu Ende eines jeden Versuchstages mit 100^{ccm} Wasser ausgespült, und das Spülwasser mit dem Harne vereinigt.

Jeder Versuch zerfällt in zwei Abtheilungen, 1) eine siebentägige Vorfütterung, 2) die eigentliche siebentägige Versuchswoche.

Das Heu wird stets für je sieben Tage zugleich abgewogen, ein Theil der gewöhnlichen Durchschnittsprobe dient zur Ermittelung des Wassergehaltes, während der Rest derselben von sämmtlichen Perioden gemischt, getrocknet und gemahlen wird. Die so erhaltene Gesammtdurchschnittsprobe liefert das Material zur Ausführung der Analysen.

Im Heu wird Stickstoff- und Aschengehalt, in der Asche P_2O_5, CaO und MgO quantitativ bestimmt.

Zur Darstellung des PO_4K_2H wird wässrige Phosphorsäure von bekanntem Gehalte mit kohlensaurem Kali im stöchiometrischen Verhältniss gesättigt, die Lösung auf ein bestimmtes Volumen, etwa

1 l, gebracht, in 20 ccm dieser Flüssigkeit die P_2O_5 quantitativ bestimmt und die der täglichen Dosis entsprechende Menge der Flüssigkeit in einer Porzellanschale mit Zucker gemischt. Dieses Gemisch wird im Wasserbade eingedampft, bis das Ganze beim Erkalten zu einer spröden Masse erstarrt; der Zeitpunkt, bei dem dies eintritt, ist, bei einiger Uebung, an der Consistenz der Masse mit Leichtigkeit zu erkennen. Die so erhaltene gerstenzuckerartige Substanz wurde von dem Thiere stets mit grossem Behagen verzehrt. Die tägliche Kochsalzbeigabe betrug 10 g.

Wasser wurde dem Thier in hinreichender Menge gegeben, so dass dasselbe ad libitum saufen konnte, der Consum wurde durch Wägung des Gefässes vor und nach dem Versuch ermittelt.

In Kochsalz und Wasser wurden CaO und MgO bestimmt. Der Koth wird, wie bereits erwähnt, in 24 Stunden zweimal gewogen, jedes Mal ca. 100 g zur Ermittelung des Wassergehaltes und zur Erlangung einer Durchschnittsprobe entnommen; in dieser letzteren werden dieselben Analysen wie im Heu ausgeführt.

Nach erfolgter Wägung des 24stündigen Harnes + 100 g Spülwasser wird das spec. Gewicht desselben mit einer Mohr'schen Wage bestimmt. 5 ccm Harn unter Salzsäurezusatz mit Bimsteinpulver in einem Hofmeister'schen Schälchen zur Trockne verdampft, dienen zur Stickstoffbestimmung, welche durch Verbrennen mit Natronkalk, Einleiten des gebildeten Ammoniaks in Schwefelsäure von bestimmtem Gehalt und Zurücktitriren der letzteren mit Barytwasser ausgeführt wird.

Ein Viertel des Tagesharnes liefert nach der Veraschung das Material zur Feststellung seines P_2O_5-Gehalts. Die Asche wird in Salpetersäure gelöst, zur Ausscheidung der geringen Menge von Kieselsäure zur Trockne verdampft, der trockene Rückstand von neuem mit verdünnter Salpetersäure aufgenommen und in der filtrirten Lösung die Phosphorsäure nach Sonnenschein[1]) bestimmt.

Ein Harndurchschnitt sämmtlicher Versuchstage einer Periode, zu welchem je $1/5$ des täglich producirten Harns genommen wurde,

1) Journal f. prakt. Chemie Bd. LIII S. 343.

dient zur Darstellung der Harnasche, in welcher CaO und MgO quantitativ ermittelt werden.

Die tägliche Heuration wurde stets vollständig verzehrt. Die geringen Mengen von Futter, welche das Thier im Stall umherstreute, wurden zu Ende jeder Versuchsreihe entfernt, ebenso die aus Sand etc. bestehenden Reste, welche in den Ecken des Futterbehälters hängen geblieben waren.

Die sämmtlichen Rückstände betrugen selten mehr als 30 bis 40g und konnten um so eher vernachlässigt werden, als sie nicht unbedeutende Mengen von Haaren enthielten.

1. Periode vom 26. Juli bis 1. August 1877.

Nahrung: 1000g Heu 1,0g P_2O_5 in Form von PO_4K_2H.

Diese Periode ist als Einleitung der späteren Versuche zu betrachten.

Das Thier befand sich, trotz vorhergegangener siebentägiger Vorfütterung, noch nicht im Stickstoffgleichgewicht, es hatte vielmehr nicht unbedeutende Mengen von Eiweiss vom Körper abgegeben.

Der tägliche Phosphorsäuregehalt des Harnes betrug im Durchschnitt 0,051g, eine Wirkung des phosphorsauren Kalis war also, nach dieser Richtung hin, nicht zu constatiren.

Nach einer zehntägigen Unterbrechung, welche hauptsächlich den Zweck hatte, das Thier mit einem bestimmten Futterquantum (800g Heu) ins Gleichgewicht zu bringen, wurde zur

2. Periode vom 11.—17. August geschritten.

Nahrung: 800g Heu, 3g P_2O_5 in Form von PO_4K_2H.

Es sollte auch hier eine siebentägige Vorfütterung der eigentlichen Beobachtungsreihe vorangehen, dieser Plan konnte jedoch nicht zu Ende geführt werden, da das Thier sich am neunten Tage der Fütterung weigerte, sein Heu zu verzehren, und auch an den nächsten Tagen nicht zum Fressen zu bewegen war.

Das Resultat der ersten sieben Tage, also der Vorfütterung, ist jedoch nicht ohne Interesse; es mag daher umstehende Tabelle, welche über Einnahmen und Ausgaben des Stickstoffs und der Mineralstoffe Rechenschaft giebt, hier einen Platz finden.

Periode vom 11.—17. August 1877.

	N g	P_2O_5 g	CaO g	MgO g
Einnahmen.				
5600 g Heu à 81,72 % Trockens. = 4576 g tr. Heu				
4576 tr. Heu à 1,36 % N.	62,23			
4576 tr. Heu à 8,05 % Asche = 368 g Asche				
368 Asche à 6,60 % P_2O_5, 13,54 % CaO, 7,44 % MgO		24,29	49,83	27,38
6413 Wasser à 0,084 $\frac{0}{00}$ CaO, 0,0215 $\frac{0}{00}$ MgO			0,54	0,15
70 Kochsalz à 0.91 % CaO			0,64	
Im POO_3K_2H		21,00		
Summe der Einnahmen . . .	62,23	45,29	51,01	27,53
Einnahmen pro Tag	8,89	6,47	7,29	3,93
Ausgaben.				
3165 g Koth à 55,24 % wfr. = 1748 g tr. Koth				
1748 tr. Koth à 1,58 % N.	27,62			
1748 tr. Koth à 13,87 % Asche = 242 g Asche				
242 Asche à 16,33 % P_2O_5, 23,37 % CaO, 6,86 % MgO		39,52	56,56	16,60
Im Harn, s. analytische Belege	44,24	0,18		
Harnasche 37,96 g pro Tag, pro Periode 266 g				
266 g Harnasche à 0,37 % CaO, 3,46 % MgO . .			0,98	9,20
Summe der Ausgaben . . .	71,86	39,70	57,54	25,80
Ausgaben pro Tag	10,27	5,67	8,22	3,69
Differenz pro Periode . . .	+ 9,63	+ 5,59	+ 6,53	+ 1,73
Differenz pro Tag	1,38	0,80	0,93	0,24

Die vorstehenden Zahlen lehren, dass der Beharrungszustand noch nicht erreicht ist, der Stickstoffgehalt der Ausgaben überwiegt den der Einnahmen um ein Bedeutendes.

Das Deficit an Phosphorsäure erklärt sich aus dem Umstande, dass wir es hier mit einer Vorfütterung zu thun haben. Beachtung verdient das Verhalten des Kalkes; denn in Harn und Koth findet sich ein Plus von etwa 13% gegenüber den Einnahmen. Diese Differenz ist so bedeutend, dass sie kaum auf die bei solchen Versuchen unvermeidlichen Fehler zurückzuführen sein dürfte[1]).

1) Wenn Henneberg (Neue Beitr. 229) angiebt, dass in Folge des Abstäubens von Erde bei der Probenahme des Heues Fehler in Betreff der SiO_2-, CaO- und MgO-Bestimmung nicht zu vermeiden sind, so hat dies für Kiesel-

Die täglichen Phosphorsäurebestimmungen im Harn ergaben:

11. August	0,026 g P_2O_5
12. „	0,018 „ „
13. „	0,031 „ „
14. „	0,028 „ „
15. „	0,026 „ „
16. „	0,026 „ „
17. „	0,023 „ „
Im Mittel:	0,026 g P_2O_5 pro Tag.

Auch bei dieser Phosphorsäuregabe war also, wie aus den vorstehenden Zahlen geschlossen werden muss, kein Erscheinen grösserer Mengen derselben im Harn zu erreichen.

Um die Sache zu einem endgiltigen Resultate zu bringen, war eine weitere Steigerung der Phosphorsäuregabe wünschenswerth, und so wurde denn vom 28. August an eine Dosis von PO_4K_2H gereicht, welche nahezu 10 g P_2O_5 enthielt. (Vergl. die einzelnen Perioden.)

Am 30. August wurde mit dem Versuche begonnen; die Woche vom 30. August bis 5. September ist Vorfütterung, vom 6.—12. September folgt eine eigentliche Versuchsreihe, an welche sich dann noch 12 Tage mit gleichem Futter anschliessen. Bei diesen letzten 12 Tagen sind im Harn nur die täglichen Phosphorsäurebestimmungen ausgeführt worden.

Periode vom 30. August bis 5. September 1877.

	N g	P_2O_5 g	CaO g	MgO g
Einnahmen.				
5600 g Heu à 84,95 % wfr. = 4757 g trock. Heu				
4757 tr. Heu à 1,36 % N.	64,70			
4757 tr. Heu à 8,05 % Asche = 383 g Asche				
383 Asche à 6,60 % P_2O_5, 13,54 % CaO, 7,44 % MgO		25,28	51,86	28,50
8306 Wasser à 0,084 $\frac{0}{00}$ CaO, 0,0215 $\frac{0}{00}$ MgO			0,70	0,18
70 Kochsalz à 0,91 % CaO			0,64	
Im $POO_3\frac{K_2}{H}$		69,30		
Summe der Einnahmen	64,70	94,58	53,20	28,68
Einnahmen pro Tag	9,24	13,51	7,60	4,10

säure überall Giltigkeit; für CaO und MgO jedoch nur da, wo, wie in Weende, der Boden sehr CaO resp. MgO reich ist. Hier in Leipzig sind grössere Fehler in dieser Beziehung nicht zu befürchten.

Periode vom 30. August bis 5. September 1877.

	N g	P_2O_5 g	CaO g	MgO g
Ausgaben.				
4648 g Koth à 44,07 % wfr. = 2048 g trock. Koth				
2048 tr. Koth à 1,61 % N.	32,97			
2048 tr. Koth à 16,40 % Asche = 336 g Asche				
336 Asche à 25,66 % P_2O_5, 17,24 % CaO, 6,80 % MgO		86,22	57,93	22,85
Im Harn s. analytische Belege	31,86	0,52		
Harnasche pro Tag 34,87 g, pro Periode 244 g				
244 g Harnasche à 0,21 % CaO, 2,46 % MgO . .			0,51	6,00
Summe der Ausgaben . . .	64,83	86,74	58,44	28,85
Ausgaben pro Tag	9,26	12,39	8,35	4,12
Differenz pro Periode . . .	+ 0,13	+ 7,84	+ 5,24	+ 0,17
Differenz pro Tag	0,02	1,12	0,75	0,02

Für die vorstehende Beobachtungsreihe ergiebt sich: vollständiges Gleichgewicht der Stickstoffeinnahmen und Ausgaben. Bedeutendes Phosphorsäuredeficit, leicht erklärlich, weil Vorfütterung. Die Ausgaben von CaO übersteigen die Einnahmen um 10 % (vergl. Periode vom 11. — 17. August), Kalk- und Magnesiagehalt des Harns sehr verringert, Phosphorsäuregehalt s. unten.

Periode vom 6. bis 12. September 1877.

	N g	P_2O_5 g	CaO g	MgO g
Einnahmen.				
5600 g Heu à 84,95 % wfr. = 4757 g trock. Heu				
4757 tr. Heu à 1,36 % N.	64,70			
4757 tr. Heu à 8,05 % Asche = 383 g Asche				
383 Asche à 6,60 % P_2O_5, 13,54 % CaO u. 7,74 % MgO		25,28	51,86	28,50
7927 Wasser 0,084 ‰ CaO, 0,0215 ‰ MgO . .			0,67	0,17
70 Kochsalz à 0,91 % CaO			0,64	
Im PO_4K_2H		69,30		
Summe der Einnahmen . . .	64,70	94,58	53,17	28,67
Einnahmen pro Tag . .	9,24	13,51	7,60	4,10

Periode vom 6. bis 12. September 1877.

	N g	P_2O_5 g	CaO g	MgO g
Ausgaben.				
5410 g Koth à 41,84 % wfr. = 2151 g trock. Koth				
2151 tr. Koth à 1,60 % N.	34,42			
2151 tr. Koth à 17,93 % Asche = 386 g Asche				
386 Asche à 23,96 % P_2O_5, 15,22 % CaO 0,5,96 % MgO		92,49	58,75	23,01
Im Harn, s. analytische Belege	28,35	1,55		
Harnasche pro Tag 33,44 g, pro Periode 234 g				
234 g Harnasche à 2,25 % MgO (CaO nur in Spuren vorhanden)				5,27
Summe der Ausgaben . . .	62,77	94,04	58,75	28,28
Ausgaben pro Tag	8,97	13,43	8,39	4,04
Differenz pro Periode . . .	+ 1,93	+ 0,54	+ 5,58	+ 0,39
Differenz pro Tag	0,27	0,08	0,79	6,06

Ausgaben und Einnahmen decken sich sowohl in Betreff des Stickstoffs, als auch der Phosphorsäure und der Magnesia; dagegen findet sich auch in dieser Reihe ein ganz bedeutender Ueberschuss von Kalk in den Ausgaben (10 %). (Vergl. die Periode vom 11. bis 17. August und vom 30. August bis 5. September.)

Der Kalkgehalt des Harns ist so gering, dass eine quantitative Bestimmung desselben unterbleiben musste; auch die Magnesia ist bedeutend verringert.

Wie schon oben erwähnt, wurde das gleiche Futter mit 10,0 g P_2O_5 in Form von PO_4K_2H noch weitere 12 Tage gereicht. Der Uebersichtlichkeit halber erscheint es zweckmässig, die Zahlen für die tägliche Phosphorsäureausscheidung im Harn hier zusammen wieder zu geben:

30. August	0,046 g P_2O_5	Im Durchschnitt 0,074 g P_2O_5 pro Tag.
31. „	0,026 „ „	
1. September	0,118 „ „	
2. „	0,028 „ „	
3. „	0,059 „ „	
4. „	0,059 „ „	
5. „	0,184 „ „	

6. September	. . . .	0,220 g P_2O_5	Im Durchschnitt 0,221 g P_2O_5 pro Tag.
7. "	. . . .	0,138 " "	
8. "	. . . .	0,228 " "	
9. "	. . . .	0,205 " "	
10. "	. . . .	0,250 " "	
11. "	. . . .	0,284 " "	
13. "	. . . .	0,374 " "	Im Durchschnitt 0,429 g P_2O_5 pro Tag.
14. "	. . . .	0,610 " "	
15. "	. . . .	0,297 " "	
16. "	. . . .	0,302 " "	
17. "	. . . .	0,440 " "	
19. "	. . . .	0,550 " "	
20. "	. . . .	0,614 " "	Im Durchschnitt 0,749 g P_2O_5 pro Tag.
21. "	. . . .	0,602 " "	
22. "	. . . .	0,638 " "	
24.	. . . .	0,885 " "	
25. "	. . . .	0,998 " "	

Diese Zahlen deuten auf das Deutlichste den Einfluss der hohen Phosphorsäuregabe an, während sich anfangs nur eine geringe, bald steigende, bald wieder fallende Menge von Phosphorsäure im Harn vorfindet, beginnt nach etwa acht Tagen ein regelmässiges Ansteigen derselben. Deutlicher noch als die angeführten Zahlen zeigt dies Verhältniss die geographische Darstellung auf Tafel II.

Einige weitere Beobachtungen, welche im Laufe dieser Versuchsreihe gemacht wurden, bedürfen der Besprechung:

Der Einfluss der grossen Dosis von phosphorsaurem Kali machte sich zunächst dadurch bemerkbar, dass der Koth des Thieres eine weichere Consistenz anzunehmen begann; sein Wassergehalt, welcher bei dieser Art der Ernährung 45—47 % beträgt, stieg auf etwa 60 %.

Von einem eigentlichen Durchfalle konnte nicht die Rede sein, da der Koth niemals breiig wurde, sondern stets seine Form beibehielt.

Der wässrige Auszug des Kothes gab starke Phosphorsäurereaction und enthielt viel Kali.

In der Kothasche fanden sich 15 % K_2O vor, während die Asche eines normalen Ziegenkothes nur etwa 2 % davon zu enthalten pflegt.

Es ist mithin kaum zu bezweifeln, dass bedeutende Mengen des Phosphates unverändert durch den Darm wieder ausgeschieden wurden.

Der in Wasser unlösliche Theil des Kothes gab an eine neutrale Lösung von citronensaurem Ammon bedeutende Mengen von

Phosphorsäure ab, welche also wohl als $POO_3\frac{Ca}{H}$ im Koth enthalten war.

Die Kothasche war vollkommen kohlensäurefrei.

Auch im Harn zeigten sich wesentliche Aenderungen; der sonst stets nach kurzem Stehen sich absetzende amorphe oder krystallinische Niederschlag von kohlensaurem Kalk war vom 5. September an verschwunden, an seiner Stelle traten massenhafte, prächtig ausgebildete Krystalle von $POO_3\frac{Mg}{NH_4}$ auf. Eine secundäre Bildung der Krystalle (s. oben) war auch in diesem Falle nicht nachzuweisen.

Der Harn reagirte ausserordentlich stark alkalisch, auf Säurezusatz erfolgte heftige CO_2-Entwickelung.

In der Harnasche sind sehr beträchtliche Mengen von kohlensauren Alkalien vorhanden; es erscheint daher unzweifelhaft, dass ein grosser Theil des eingeführten $POO_3\frac{K_2}{H}$ sich im Körper (im Blute?) mit den organischen Kalksalzen in der Weise umsetzt, dass phosphorsaurer Kalk und pflanzensaures Kali gebildet werden; erstere Verbindung gelangt im Darme zur Ausscheidung, während die letztere, durch den Blutsauerstoff zu CO_3K_2 oxydirt, in den Harn übertritt.

Die Analyse der Harnasche ergab das fast vollständige Fehlen des Kalks, sowie eine bedeutende Verminderung der Magnesia; es finden sich jedoch immer noch beträchtliche Mengen dieser letzteren Erde neben der Phosphorsäure vor, welche sogar zum grössten Theil an MgO und NH_3 gebunden erscheint.

Aus diesen Beobachtungen scheint hervorzugehen, dass die Phosphorsäure gegen Kalk und Magnesia eine verschiedene Rolle spielt; während ihr Vorhandensein im Harn der Herbivoren die Anwesenheit des Kalkes ausschliesst, kann Magnesia sehr gut neben ihr, ja mit ihr vereinigt darin vorkommen.

Es würde also in diesem Sinne die oben citirte Liebig'sche Ansicht zu modificiren sein.

Das Fehlen des Kalkes in dem dieser Beobachtungsreihe zugehörigen Harn gewinnt noch dadurch an Interesse, dass sich wiederum im Koth des Thieres, wie bei der Fütterung mit 3g P_2O_5

(11. — 17. Aug.), ein bedeutendes Plus von Kalk gegenüber den in der Nahrung aufgenommenen Mengen dieses Körpers vorfindet. In Anbetracht dieser durch drei Versuchsreihen hindurch wiederholten Beobachtung dürfte wohl der Schluss nicht ungerechtfertigt erscheinen, dass durch die übermässige Phosphorsäuregabe den Geweben und Flüssigkeiten des Organismus Kalk entzogen wird, um den Ueberschuss an Phosphorsäure, wenigstens theilweise, zu binden.

Es knüpft sich hieran naturgemäss die Frage: Vermag die Phosphorsäure auch dann in den Harn überzugehen, wenn eine hinreichende Menge von Kalk zu ihrer Bindung disponibel ist?

Zur Beantwortung dieser Frage scheint ein verhältnissmässig einfaches Experiment geeignet:

Falls man neben der grossen Phosphorsäuredosis eine nicht zu geringe Menge eines Kalksalzes darreicht, so muss wieder das normale Verhältniss eintreten, wenn wirklich das Ueberwiegen der Phosphorsäure über den Kalk das Erscheinen der ersteren im Harn bedingt hat.

Dem entsprechend erhielt das Thier vom 25. September an 800g Heu, 9,7g P_2O_5 als PO_4K_2H, und 10,0g CO_3Ca.

Die Phosphorsäuregabe wird Morgens 10 Uhr, die Kalkdosis Nachmittags 4 Uhr gereicht.

Diese Tageszeiten sind mit Vorbedacht so gewählt, dass der kohlensaure Kalk bereits 18 Stunden lang im Organismus verweilt hat, wenn das phosphorsaure Salz gegeben wird. Es sollte auf diese Weise eine directe Wechselzersetzung der beiden Salze im Magen verhindert werden.

Periode vom 26. Sept. bis 2. Oct. 1877. (Vorfütterung.)

	N g	P_2O_5 g	CaO g	MgO g
Einnahmen.				
5600g Heu à 83,99% wfr. = 4703g trock. Heu				
4703 tr. Heu à 1,36% N.	63,96			
4703 tr. Heu à 8,05% Asche = 379g Asche				
379 Asche à 6,60% P_2O_5, 13,54% CaO, 7,44% MgO		25,01	51,31	28,20
7766 Wasser à 0,084‰ CaO, 0,0215‰ MgO .			0,65	0,16
70 Kochsalz à 0,91% CaO			0,64	
Im PO_4K_2H		67,90		
Im CO_3Ca			39,20	
Summe der Einnahmen . .	63,96	92,91	91,80	28,36
Einnahmen pro Tag	9,14	13,27	13,11	4,05

Periode vom 26. Sept. bis 2. Oct. 1877. (Vorfütterung.)

	N g	P_2O_5 g	CaO g	MgO g
Ausgaben.				
3722g Koth à 53,27 % wfr. = 1983g trock. Koth				
1983 tr. Koth à 1,54 % N.	30,54			
1983 tr. Koth à 17,19 % Asche = 341g Asche				
341 Asche à 25,09 % P_2O_5, 26,47 % CaO, 6,25 % MgO		85,56	90,26	21,21
Im Harn, s. analytische Belege		2,45		
Harnasche 36,61g pro Tag, 2,56g pro Periode				
256g Harnasche à 0,12 % CaO, 2,27 % MgO . .			0,31	5,81
Summe der Ausgaben . . .		88,01	90,57	27,02
Ausgaben pro Tag		12,57	12,94	3,86
Differenz für die Periode . .		+ 4,90	+ 1,23	+ 1,34
Differenz pro Tag		0,70	0,17	0,19

Periode vom 3. bis 9. October 1877.

	N g	P_2O_5 g	CaO g	MgO g
Einnahmen.				
Heu wie Periode vom 26. Septbr. bis 2. Octbr. .	63,96	25,01	51,31	28,20
6845g Wasser à 0,084 ‰ CaO, 0,0215 ‰ MgO .			0,58	0,15
70 Kochsalz à 0,91 % CaO			0,64	
Im PO_4K_2H		67,90		
Im CO_3Ca			39,20	
Summe der Einnahmen . .	63,96	92,91	91,73	28,35
Einnahmen pro Tag	9,14	13,27	13,10	4,05
Ausgaben.				
3453g Koth à 54,00 % wfr. = 1865g trock. Koth				
1865 tr. Koth à 1,66 % N.	30,96			
1865 tr. Koth à 17,50 % Asche = 326g Asche				
326 Asche à 27,12 % P_2O_5, 28,08 % CaO, 6,34 % MgO		88,41	91,34	20,67
Harn, s. analytische Belege		0,76		
Harnasche 38,44g pro Tag, 269g pro Periode				
269g Harnasche à 0,20 % CaO, 2,99 % MgO . .			0,54	8,04
Summe der Ausgaben . . .		89,17	91,88	28,71
Ausgaben pro Tag		12,74	13,13	4,10
Differenz pro Periode . . .		+ 3,74	+ 0,15	+ 0,36
Differenz pro Tag		0,53	0,03	0,05

Bei beiden vorstehenden Versuchsreihen sind keine Stickstoffbestimmungen ausgeführt worden.

Während der Vorfütterung findet sich eine geringe Steigerung des CaO-Gehaltes im Harn, MgO-Gehalt unverändert.

Koth hat wieder den gewöhnlichen Wassergehalt, 46%, angenommen; Kali ist in der Kothasche nur mehr in normaler Menge, kaum 5%, vorhanden. Auffallend ist die Erscheinung, dass während dieser Vorfütterung, welcher allerdings schon ein Tag mit gleicher Kalkdosis vorhergegangen war, fast sogleich die ganze Menge des eingeführten Kalkes in den Excreten wieder erscheint. Diese ausserordentlich rasche Beförderung des Kalkes ist augenscheinlich dem Einflusse der gleichzeitig gegebenen Phosphorsäure zuzuschreiben. In der Periode vom 3.—9. October ist nur die geringe Vermehrung des Kalkes im Harn und die beträchtliche Zunahme der Magnesia in demselben zu erwähnen.

Die Phosphorsäurebestimmungen im Harn ergeben für die Zeit vom 25. September, an welchem Tage zuerst CO_3Ca gegeben wurde, bis zum 9. October folgende Werthe:

25. September	. . . .	0,998 g P_2O_5	
26. „	. . . .	0,542 „ „	Im Mittel 0,350 g P_2O_5 pro Tag.
27. „	. . . .	0,440 „ „	
28. „	. . . .	0,384 „ „	
29. „	. . . .	0,328 „ „	
30. „	. . . .	0,317 „ „	
1. October	. . . .	0,189 „ „	
2 „	. . . .	0,248 „ „	
3. „	. . . .	0,202 „ „	Im Mittel 0,108 g P_2O_5 pro Tag.
4. „	. . . .	0,241 „ „	
5. „	. . . .	0,054 „ „	
6. „	. . . .	0,074 „ „	
7. „	. . . .	0,051 „ „	
8. „	. . . .	0,066 „ „	
9. „	. . . .	0,069 „ „	

Diese Zahlen lehren, dass die Wirkung des Kalksalzes in vollkommenster Weise der oben ausgesprochenen Vermuthung entsprochen hatte.

Vom 9. October an wurde die Kalkgabe fortgelassen, während die Phosphorsäure nach wie vor gereicht wurde. Es sollte

auf diese Weise constatirt werden, dass nicht etwa zufällige Umstände, sondern lediglich der Kalküberschuss das Verschwinden der Phosphorsäure aus dem Harne bedingt hatte. Die folgenden Zahlen, welche sich vom 10. October an für die tägliche Phosphorsäureausscheidung im Harn ergaben, lassen wohl nur eine Deutung zu:

10. October	0.044 g	P_2O_5
11. „	0,059	„ „
12. „	0,092	„ „
13. „	0,118	„ „
14. „	0,167	„ „
15. „	0,126	„ „
16. „	0,115	„ „
17. „	0,118	„ „
18. „	0,121	„ „
20. „	0,113	„ „
21. „	0,325	„ „
22. „	0,243	„ „
23. „	0,548	„ „
24. „	0,650	„ „

Vom 25. October an wurde kein K_2HPO_4 mehr gegeben.

25. October	0,826 g	P_2O_5
27. „	0,128	„ „
28. „	0,051	„ „
29. „	0,036	„ „
30. „	0,020	„ „
31. „	0,020	„ „
1. November	0,026	„ „
2. „	0,015	„ „
3. „	0,015	„ „
4. „	0,015	„ „
5. „	0,015	„ „

Die Tafel II giebt in graphischer Darstellung eine vollkommene Uebersicht über den Phosphorsäuregehalt des Harnes von Beginn der Fütterung mit 10,0 P_2O_5 bis zur Entziehung dieser Beigabe.

Um die Ausscheidungsgrössen der hier berücksichtigten Mineralstoffe bei reiner Heufütterung kennen zu lernen, wurde vom 6.—12. November 1877 noch eine Versuchsreihe ausgeführt, während welcher das Thier 800 g Heu und 10 g Kochsalz pro Tag erhielt.

Die hier erlangten Werthe finden sich in folgender Tabelle zusammengestellt.

Periode vom 6. bis 12. November 1877.

	N g	P_2O_5 g	CaO g	MgO g
Einnahmen.				
5600 g Heu à 82,90 % wfr. = 4642 g wfr.				
4642 wfr. Heu à 1,36 % N.	63,13			
4642 wfr. Heu à 8,05 % Asche = 374 g Asche				
374 Asche à 6,60 % P_2O_5, 13,54 % CaO, 7,44 % MgO		24,68	50,64	27,83
7034 Wasser à { 0,084 ‰ CaO . . . . . . / 0,0215 ‰ MgO			0,59	0,15
70 Kochsalz à 0,91 % CaO			0,64	
Summe der Einnahmen . . .	63,13	24,68	51,87	27,98
Einnahmen pro Tag	9,02	3,53	7,41	4,00
Ausgaben.				
3130 g Koth à 53,55 % wfr. = 1676 wfr. Koth				
1676 wfr. Koth à 1,62 % N.	27,15			
1676 wfr. Koth à 11,96 % Asche = 200 g Asche				
200 Asche à 12,43 % P_2O_5, 25,12 % CaO, 8,90 % MgO		24,86	50,24	17,80
Harn, s. analytische Belege	36,54	0,11		
Harnasche pro Tag 33,49 g, pro Periode 234 g				
234 g Harnasche à 1,12 % CaO, 3,49 % MgO . .			2,62	8,17
Summe der Ausgaben . . .	63,69	24,97	52,86	25,97
Ausgaben pro Tag	9,10	3,57	7,55	3,71
Differenz pro Periode . . .	+ 0,56	+ 0,29	+ 0,99	− 2,01
Differenz pro Tag	0,08	0,04	0,14	0,29

Die mitgetheilten Beobachtungen am Pflanzenfresser lassen, in Bezug auf die hier behandelte Frage zwischen Kalk und Phosphorsäure, eine nahe Beziehung erkennen, welche kurz zusammengefasst etwa lauten würde: Der grosse Kalküberschuss im Futter der Herbivoren bedingt die Abwesenheit der Phosphorsäure im Harn dieser Thiere!

Es war von Interesse, das Verhalten beider Verbindungen bei einem Fleischfresser oder Omnivoren zu verfolgen.

Da mir kein geeignetes Versuchsthier zu Gebote stand, war ich genöthigt, die dahin zielenden Experimente an mir selbst auszuführen.

Diesen Versuchen lag folgender Gedankengang zu Grunde: Wenn durch Einnahme von pflanzensaurem Alkali der Harn des Menschen eine alkalische Reaction annimmt, so muss, wenn Omnivoren und Herbivoren sich gleich verhalten, der Kalkgehalt des Harns eine wesentliche Verringerung erfahren; gleichzeitig ist zu erwarten, dass derjenige Theil der Phosphorsäure, welcher an Kalk gebunden ist, aus dem Harn verschwinden wird, dass mithin der absolute Phosphorsäuregehalt dieses Excretes abnimmt[1]).

Diese Abnahme der Phosphorsäure muss noch weit mehr hervortreten, wenn ausser dem organischen Alkalisalz grössere Mengen eines Kalksalzes eingeführt werden.

2. Versuche am Menschen.

a) Versuchsanordnung.

Tägliche Nahrung für alle drei Versuchsreihen: 450 g Fleisch, 300 g Brod, 90 g Fett, 2 l Bier, 600 ccm Kaffee und 5 g Kochsalz. Periode II Zusatz von 40 g citronensaures Kali und 1500 ccm Wasser. Periode III ausserdem noch 10 g $CaCO_3$. Das Fleisch, beste Rindslende, von anhängendem Fett und Sehnen möglichst befreit[2]), wird für sämmtliche Versuchstage zugleich abgewogen und durch Aufbewahren in Eis conservirt. Das Brod, sogenanntes Schwarzbrod, aus gebeuteltem Roggenmehl bereitet, wird ohne Rinde genossen und ist für alle Versuchstage von gleicher Beschaffenheit. Fett: Ausgelassenes Schweinefett. Bier: Leipziger Lagerbier (Brauerei Riebeck). Kaffee: 25 g gebrannten Kaffee auf 300 ccm Getränk,

1) Es muss erwähnt werden, dass bereits eine Beobachtung vorliegt, welche dieser Ansicht entspricht. Bunge fand nämlich (Zeitschr. f. Biolog. Bd. IX S. 123) bei einmaliger Einführung von 18,24 g K_2O in Form von citronensaurem Salz eine bedeutende Abnahme der P_2O_5 im Harn (von 2,850 auf 1,177). Meine Beobachtungen (s. Periode II am Menschen) haben zu einem anderen Resultate geführt.

2) Eine vollständige Befreiung von Fett durch Auslesen mittelst Pincette und Scheere erschien für diese Versuche nicht nothwendig.

wird filtrirt und ohne Zucker und Milch genossen. Das verwendete Kochsalz ist chemisch rein. Zum Auflösen des citronensauren Kalis, sowie zur Bereitung des Kaffees dient nur destillirtes Wasser. Citronensaures Kali (normales Salz + 1 Mol. Krystallwasser) und kohlensaurer Kalk werden in chemisch reinem Zustande verwendet.

Der Versuchstag beginnt Morgens 8 Uhr; nach erfolgter Wägung werden 300 ccm Kaffee genossen, um 10 Uhr 100 g Brod mit entsprechendem Fett und Salz, sowie 400 ccm Bier. 1 Uhr Nachmittags: Die grössere Hälfte des Fleisches als Beefsteak zubereitet, ferner 100 g Brod, Salz nach Bedürfniss, 400 ccm Bier. 6 Uhr Nachmittags: 300 ccm Kaffee. 8 Uhr Abends: Rest des Fleisches, 100 g Brod, Fett und Salz, 400 ccm Bier. Von 9—11 Uhr Abends endlich wurden die restirenden 800 ccm des letzterwähnten Stoffes consumirt.

Die Beschäftigung bestand am Tage in analytischen Arbeiten im Laboratorium, von 5½—6 Uhr Nachmittags an wurde auf dem Zimmer studirt.

Je drei Versuchstage bilden eine Periode.

Während der Perioden II und III werden alle zwei Stunden 5 g citronensaures Kali in Wasser gelöst genommen. Die Kalkdosis der dritten Versuchsreihe wird in drei Portionen um 9, 12 und 7 Uhr gegeben. Harn stets direct aufgefangen, die Phosphorsäuremenge in 50 ccm durch Titriren mit Uranlösung nach Neubauer ermittelt, zur Stickstoffbestimmung dienen 5 resp. 10 ccm des Harns.

Unmittelbar vor Beginn eines neuen Versuchstages wird die Blase vollständig entleert.

Zur Aufnahme des Kothes dient ein tarirtes Glasgefäss, welches hermetisch verschlossen werden kann.

Zur Abgränzung des Kothes werden zu Ende jeder Versuchsreihe 15 g Heidelbeeren verzehrt.

Es wurden drei Versuchsreihen ausgeführt. Zunächst wurde der Stoffumsatz unter gewöhnlichen Ernährungsverhältnissen ins Auge gefasst.

Periode I vom 11. bis 13. Februar 1878.

	N g	P_2O_5 g	CaO g	MgO g
Einnahmen.				
1350 g Fleisch à 24,62 % wfr. = 332 g tr. Fleisch				
332 tr. Fleisch à 12,84 % N	42,63			
332 tr. Fleisch à 4.63 % Asche = 15,37 g Asche				
15,37 Asche à 39,51 % P_2O_5, 1,53 % CaO, 3,49 % MgO		6,073	0,235	0,536
900 Brod à 53,64 % wfr. = 483 g tr. Brod				
483 tr. Brod à 1,51 % N	7,29			
483 tr. Brod à 1,77 % Asche = 8,55 g Asche				
8,55 Asche à 38,71 % P_2O_5, 6,07 % CaO, 7,73 % MgO		3,310	0,519	0,661
6000 ccm Bier (20 ccm = 0,01277 N) . . .	3,83			
6000 Bier (200 ccm = 0,1503 g P_2O_5, 0,0075 CaO, 0,0267 MgO)		4,509	0,225	0,801
1800 Kaffeeaufguss (24 ccm = 0,00786 N)	0,59			
1800 Kaffeeaufguss (100 ccm = 0,0131 P_2O_5, 0,007 CaO, 0,0096 MgO)		0,235	0,136	0,173
Das Fett enthält nur Spuren von Stickstoff und Asche.				
15,0 g Heidelbeeren zur Kothabgränzung .		0,057	0,040	0,019
Der Stickstoffgehalt der Heidelbeeren ist ein sehr geringer und blieb unbestimmt.				
Summe der Einnahmen . .	54,34	14,184	1,155	2,190
Einnahmen pro Tag	18,11	4,728	0,385	0,730
Ausgaben.				
433 g fr. Koth = 98 g tr. Koth à 6,80 % N	6,66			
98 wfr. Koth à 9,87 % Asche = 9,67 g Asche				
9,67 Asche à 39,37 % P_2O_5, 7,22 % CaO, 13,29 % MgO		3,807	0,698	1,285
Harn, s. analytische Belege	45,51	10,757		
Im Harn der Periode 40,65 g Asche à 1,23 % CaO und 1,98 % MgO			0,500	0,805
Summe der Ausgaben . . .	52,17	14,564	1,198	2,085
Ausgaben pro Tag	17,39	4,855	0,399	0,695
Differenz für die 3tägige Periode	— 2,17	+ 0,380	+ 0,043	— 0,105
Differenz pro Tag	0,72	0,127	0,014	0,035

Während dieser ersten Beobachtungsreihe reagirte der Harn stets stark sauer und war vollkommen klar. — Befinden durchaus

normal. Direct hieran schliesst sich Periode II vom 14.—16. Februar mit einer täglichen Gabe von 40g citronensaurem Kali.

Periode II vom 14. bis 16. Februar 1878.

	N g	P_2O_5 g	CaO g	MgO g
Einnahmen.				
Wie bei Periode I (11.—13. Febr.) . . .				
Einnahmen pro Periode . .	54,34	14,184	1,155	2,190
Einnahmen pro Tag	18,11	4,728	0,385	0,730
Ausgaben.				
447g Koth = 103g wfr. Koth à 6,68 % N	6,88			
103 wfr. Koth à 10,07 % Asche = 10,37g Asche.				
10,37g Asche à 38,60 % P_2O_5, 8,44 % CaO, 12,81 % MgO		3,993	0,875	1,328
Im Harn, s. analytische Belege	46,12	10,253		
Im Harn der Periode 118,65g Asche à 0,24 % CaO, 0,68 % MgO			0,285	0,807
Summe der Ausgaben . . .	53,00	14,246	1,160	2,135
Ausgaben pro Tag	17,67	4,749	0,387	0,712
Differenz pro Periode . . .	— 1,34	+ 0,062	+ 0,005	— 0,055
Differenz pro Tag	0,44	0,021	0,002	0,018

Harn während dieser Periode alkalisch, nur der nach dem Mittag- und Abendessen entleerte Theil desselben zeigte zuweilen neutrale (aber niemals saure) Reaction. Dieser Theil des Harns unterschied sich auch noch dadurch, dass er entweder bereits trübe aus der Blase kam, oder mit dem in der Sammelflasche vorhandenen klaren Harn eine Trübung gab.

Das eingenommene Kalisalz wirkte harntreibend.

Etwa zehn Minuten nach Einnahme der Dosis von 5g citronensaurem Kali stellte sich regelmässig ein höchst unangenehmes prickelndes Gefühl in den Extremitäten, vorzüglich auch in der Zungenspitze, ein; daneben zeigte sich grosse Mattigkeit. Wahrscheinlich sind diese Erscheinungen durch Herabsetzung der Herzthätigkeit bedingt, wenigstens spricht hierfür die Verminderung der

Pulsfrequenz (auf etwa 60 Schläge in der Minute). Diese Wirkung ist vermuthlich eine individuelle, wenigstens konnte Bunge[1]) bei seinen Versuchen nichts Derartiges beobachten.

Periode III vom 17. bis 19. Februar 1878.

	N g	P_2O_5 g	CaO g	MgO g
Einnahmen.				
Wie bei Periode I (11.—13. Febr.) . . .	54,34	14,184	1,155	2,190
30g CO_3Ca und 56 % CaO			16,800	
Summe der Einnahmen . . .	54,34	14,184	17,955	2,190
Einnahmen pro Tag	18,11	4,728	5,985	0,730
Ausgaben.				
467g fr. Koth = 125g tr. Koth à 4,67 % N	5,84			
125 tr. Koth à 26,33 % Asche = 32,91g Asche				
32,91g Asche à 16,03 % P_2O_5, 49,35 % CaO, 3,63 % MgO		5,275	16,241	1,195
Im Harn, s. analytische Belege	46,57	8,461		
Im Harn 120,92g Asche à 0,74 % CaO, 0,82 % MgO			0,895	0,991
Summe der Ausgaben . . .	52,41	13,736	17,136	2,186
Ausgaben pro Tag	17,47	4,579	5,712	0,724
Differenz pro Periode . . .	— 1,93	— 0,448	— 0,819	— 0,009
Differenz pro Tag	0,64	0,149	0,273	0,001

Für den Harn gilt bei Periode III dasselbe wie bei Periode II, nur zeigte sich die Trübung des Urins nach den grösseren Mahlzeiten ungleich stärker als während der vorhergehenden Periode, der amorphe Niederschlag bestand, wie eine qualitative Analyse ergab, aus phosphorsaurem Kalk.

Der Koth dieser Periode hatte ein eigenthümlich blasses Aussehen; bei näherer Untersuchung zeigte sich, dass dasselbe durch im Koth suspendirten kohlensauren Kalk hervorgerufen war. Dieser kohlensaure Kalk hatte jedenfalls unverändert den Organismus passirt, und es erschien angezeigt, an Stelle des CO_3Ca ein leichter resorbirbares Kalksalz zu nehmen.

1) Bedeutung des Kochsalzes etc. Zeitschr. f. Biologie Bd. IX S. 130

In Folge dessen wurde am 20. Februar dieselbe Kalkdosis in Form von essigsaurem Salz genommen. Der Geschmack dieses Salzes ist ein so widerwärtiger, dass es mir absolut unmöglich war, dasselbe auch am nächsten Tage zu verzehren; es wurde daher der Versuch abgebrochen und zum Schluss der ganzen Reihe noch ein Tag bei derselben Kost, aber ohne eine Zugabe von Kali oder Kalksalzen, zugebracht.

Die täglichen Ausscheidungen von Stickstoff und Phosphorsäure im Harn mögen hier zusammen einen Platz finden.

Das stete Gleichbleiben der Stickstoffausscheidung zeigt, dass keine Veränderungen in Betreff der Verdaulichkeit des Eiweisses eingetreten sind.

Datum	N g	P_2O_5 g	Mittel	Zufuhr
10. Februar	11,52	3,841	—	—
11. „	14,24	3,694	15,17 g N, 3,59 P_2O_5 pro Tag.	Normale Ernährung.
12. „	15,39	3,526		
13. „	15,88	3,537		
14. „	14,72	3,330	15,37 g N, 3,42 P_2O_5 pro Tag.	40 g citronensaures Kali.
15. „	16,01	3,603		
16. „	15,39	3,320		
17. „	14,83	2,859	15,52 g N, 2,82 P_2O_5 pro Tag.	40 g desgl. und 10 CO_3Ca
18. „	15,76	3,013		
19. „	15,98	2,589		
20. „	15,08	1.939	—	40 g citronensaures Kali, 15,8 g essigsaurer Kalk.
21. „	15,24	3,630	—	Normale Ernährung.

Ueberblickt man die vorstehenden Zahlen, so ergiebt sich, dass unter sonst gleichen Ernährungsverhältnissen die künstlich hervorgerufene alkalische Reaction des Harns eine geringe Verminderung der Phosphorsäure in demselben zur Folge hat. Dagegen tritt eine relativ bedeutende Abnahme des Kalkgehaltes ein (vergl. die Bilanzen von Per. I und II). Gegenwart grösserer Mengen von Kalksalzen in der Nahrung (Per. III) lässt den Rückgang der Phosphorsäure noch deutlicher hervortreten, während unter diesen Umständen der Kalkgehalt des Harns eine Zunahme erfährt.

Die vollständige Abwesenheit des einen oder anderen der beiden in Rede stehenden Körper, wie dieselbe z. B. beim Pflanzenfresser zu beobachten war, wurde im Harn des Menschen bei den mitgetheilten Versuchen nicht erreicht. Der Grund dieses negativen Ergebnisses liegt vermuthlich darin, dass bei der Zersetzung des grossen Fleischquantums im Blute beträchtliche Mengen von freier Säure (Schwefelsäure etc.) gebildet werden, so dass, trotz des eingenommenen citronensauren Kalis, der Harn, wenigstens zeitweilig, eine saure Reaction annimmt. Der so beschaffene, durch die Nierencapillaren ausgeschiedene Harn mischt sich in der Blase mit dem dort bereits vorhandenen alkalischen Excret, wobei eine Fällung des in dem sauren Theil der Flüssigkeit gelösten phosphorsauren Kalkes eintreten muss. Es erklärt sich so auch auf einfache Weise das bei Periode II und III beobachtete trübe Aussehen des nach den Mahlzeiten entleerten Harns.

Die unerwartet geringe Abnahme der Phosphorsäure im Harn von Periode III mag neben der soeben erörterten Ursache auch noch theilweise in der mangelhaften Resorbirbarkeit des kohlensauren Kalkes ihren Grund haben, wenigstens scheint das Resultat der eintägigen Zufuhr von essigsaurem Kalk hierfür zu sprechen.

Weitere Versuche, vielleicht mit einer weniger eiweissreichen Kost und mit anderen Salzen, namentlich organischen Kalksalzen, werden vermuthlich zu einem schärferen Resultat führen.

Auch beim Pflanzenfresser sind fortgesetzte Untersuchungen zur Erlangung eines besseren Einblicks wünschenswerth; so wird es namentlich von Interesse sein, bei kalkarmen Futter und bei solchen Vegetabilien, welche wie Kleie, Stroh etc. einen sauren Harn bedingen, den Gehalt des Harns an Mineralstoffen festzustellen. Die Verhältnisse liegen auch beim Pflanzenfresser nicht so einfach, wie man zu glauben versucht sein könnte; es geht dies schon daraus hervor, dass die mitgetheilten Beobachtungen nicht genügen, um denjenigen Fall, welcher die Veranlassung zu meinen Untersuchungen gab, in vollkommen befriedigender Weise zu erklären.

Eine neuerdings vorgenommene Fütterung des Ziegenbocks mit 800^{g} Heu und 200^{g} Kleber ergab insofern ein negatives Resultat,

als dabei keine Vermehrung der Phosphorsäure im Harn zu constatiren war (Durchschnitt pro Tag 0,031 g P_2O_5).

Gegenüber der Fütterung mit Heu allein zeigte sich bei der Kleberfütterung eine bedeutende Abnahme der Alkalinität des Harns; im ersteren Fall entsprach dieselbe durchschnittlich 2,61 g NH_3 pro Tag, im letzteren dagegen betrug sie nur 0,84 g NH_3.

Das abweichende Ergebniss des letzten Versuchs gegenüber der früheren Kleberperiode konnte nur einer verschiedenen Beschaffenheit der beiden verfütterten Heusorten zugeschrieben werden. Die Analyse der Aschen ergab:

Asche von Heu I, Febr. bis Mai 1877:		Asche von Heu II, für meine Versuche:	
20,57 %	CaO	13,54 %	CaO
8,10	MgO	7,44	MgO
6,77	P_2O_5	6,60	P_2O_5
16,51	K_2O	28,48	K_2O
2,08	Na_2O	2,72	Na_2O

Der Kalkgehalt der Aschen ist in beiden Fällen ein so bedeutender, dass an ein Erscheinen von Phosphorsäure im Harn nur dann zu denken ist, wenn dieses Excret saure Reaction annimmt.

Die grosse Differenz beider Aschen in Bezug auf den Kaligehalt erfordert Berücksichtigung. Es ist wahrscheinlich, dass die Alkalinität des Harns von dem grösseren oder geringeren Kaligehalt des Futters abhängig ist; das Erscheinen der Phosphorsäure im Harn bei den früheren Versuchen würde sich also in ähnlicher Weise erklären lassen wie bei den Versuchsreihen II und III am Menschen, nämlich dadurch, dass der leicht resorbirbare Kleber zeitweilig eine saure Reaction des Excretes hervorgerufen hatte.

Es hiesse sich zu weit auf das Gebiet der Hypothese begeben, wollte man lediglich aus dem ermittelten Kaligehalt des früher verfütterten Heues auf den Grad der Alkalinität des damals producirten Harns schliessen; es bleibt daher für jetzt nichts Anderes übrig, als sich mit der oben gegebenen Erklärung zu begnügen, bis spätere Versuche einen deutlicheren Einblick gewährt haben.

Bei Besprechung der Versuchsresultate vom 30. August bis 12. September wurde bereits auf das verschiedene Verhalten der

Phosphorsäure zu Kalk und Magnesia hingedeutet. Es erschien wünschenswerth, im Anschluss an die hier mitgetheilten Versuche an Thieren Untersuchungen über die Löslichkeit der phosphorsauren Salze beider Erden in Flüssigkeiten anzustellen, welche dem Harn der Pflanzenfresser wenigstens in Betreff der Mineralstoffe gleichen.

Wir wissen, dass der Harn der Wiederkäuer bei Heufütterung eine deutlich alkalische Reaction besitzt, herrührend von seinem Gehalt an kohlensauren Alkalien.

Der ursprünglich klare Harn setzt in den meisten Fällen nach einiger Zeit einen amorphen oder krystallinischen Niederschlag von kohlensaurem Kalk ab. Dieser Niederschlag verdankt seine Entstehung dem im frischen Harn gelösten doppeltkohlensauren Kalk, welcher durch Verdunsten der Kohlensäure in unlösliches einfachkohlensaures Salz übergeht.

Sobald Phosphorsäure in dem alkalischen Harn auftritt, verschwindet der Kalkniederschlag und an seiner Stelle treten Krystalle von phosphorsaurer Ammonmagnesia auf, welche meist ausgezeichnet schön ausgebildet sind, woraus hervorgeht, dass sich diese Verbindung langsam aus dem Harn abgeschieden haben muss.

Da die Gegenwart des Ammons im Harn wahrscheinlich einer Zersetzung des Harnstoffs oder anderer stickstoffhaltiger organischer Körper zuzuschreiben ist, so würde zunächst zu untersuchen sein, unter welchen Umständen eine an kohlensauren Alkalien reiche Flüssigkeit Phosphorsäure und Magnesia neben einander in Lösung zu halten vermag.

Es lag nahe, zu vermuthen, dass die vom Harn absorbirte freie Kohlensäure die Löslichkeit dieser Flüssigkeit für phosphorsaure Magnesia bedingt und dass die Ausscheidung des Salzes erst nach dem Verdunsten der Kohlensäure und nach der Bildung geringer Mengen von Ammonsalzen erfolgt.

Zur Prüfung dieser Vermuthung wurden Lösungen von krystallisirtem POO_3Na_2H (2 : 100) einerseits und von COO_2NaH und $MgCl_2$ ($5\,NaHCO_3$, $1\,MgCl_2$, $100\,H_2O$) andererseits unter Druck (Atmosphärendruck $+ 100^{mm}$ Hg) mit Kohlensäure gesättigt. Beim Vermischen beider Lösungen tritt keine Trübung ein, das Gemisch

ist, im verschlossenen Gefäss aufbewahrt, noch nach 14 Tagen vollkommen klar; lässt man es dagegen in einem Becherglase an der Luft stehen, so dass die absorbirte Kohlensäure entweichen kann, so treten meist schon nach einer Stunde an der Oberfläche der Flüssigkeit feine Krystallnadeln auf, welche nach einiger Zeit die ganze Flüssigkeit durchsetzen; die so entstandenen Krystalle sind phosphorsaure Magnesia. Um nachzuweisen, dass nicht etwa eine Verdunstung von Wasser, sondern lediglich das Entweichen von Kohlensäure die Entstehung der Krystalle bedingt, wurde ein Theil der klaren Flüssigkeit über Barytwasser unter eine Glasglocke gestellt. Die Krystallisation trat unter diesen Umständen noch rascher als in freier Luft ein; es kann daher keinem Zweifel unterliegen, dass lediglich die Gegenwart freier Kohlensäure die Löslichkeit der phosphorsauren Magnesia in der alkalischen Flüssigkeit veranlasst hatte.

Versetzt man eine Lösung von COO_2NaH und POO_3Na_2H, welche in der oben angegebenen Weise mit Kohlensäure gesättigt ist, mit sehr verdünnten Lösungen von doppeltkohlensaurem Kalk, so entsteht stets sofort eine wolkige Trübung; der gebildete gallertartige Niederschlag von phosphorsaurem Kalk wird allmählich krystallinisch. Dieses verschiedene Verhalten des Kalkes und der Magnesia gegen Phosphorsäure steht mit den Beobachtungen im Harn der Pflanzenfresser in vollkommener Uebereinstimmung und erklärt die mitgetheilten Thatsachen auf das Ungezwungenste. Wendet man bei solchen Versuchen mit kohlensäurehaltigen Lösungen anstatt des COO_2NaH, COO_2NH_4H an, so wird auch in verdünnten Lösungen fast sofort ein Niederschlag von POO_3MgNH_4 ausgeschieden; man kann sich jedoch leicht davon überzeugen, dass diese Fällung keine vollständige ist, da eine solche Flüssigkeit, wenn man sie nach 24stündigem Stehen vom entstandenen Niederschlage abfiltrirt, in offenen Gefässen noch mehr oder minder bedeutende Mengen von POO_3MgNH_4 absetzt.

Es ist zu vermuthen, dass die Anwesenheit organischer Stoffe im Harn, sowie die hohe Temperatur desselben zugleich mit seinem Gehalt an Kohlensäure die Ausscheidung der phosphorsauren Ammon-Magnesia in der Blase verhindern.

Die Ergebnisse der vorstehenden Untersuchungen sind kurz zusammengefasst folgende:

1) Bei seinem gewöhnlichen Futter scheidet der Pflanzenfresser die im Stoffwechsel frei werdende Phosphorsäure nicht durch den Harn, sondern mit dem Koth aus.

2) Fügt man solchem Futter grosse Gaben von einfach saurem phosphorsaurem Kali (POO_3K_2H) bei, so tritt Phosphorsäure im Harn auf und kann darin bis zu einer ansehnlichen Menge steigen[1]).

3) Unter diesen Verhältnissen erscheint die Phosphorsäure erst dann im Harn, wenn der mit der Nahrung aufgenommene Kalk nicht mehr zu ihrer Bindung hinreicht. Dies geht daraus hervor, dass a) der Kalk in einem derartigen phosphorsäurehaltigen Harn fehlt, und dass b) die Zufuhr grösserer Mengen von Kalksalzen genügt, um das Verschwinden der Phosphorsäure aus dem Harn hervorzurufen.

4) Im alkalischen Harn der Herbivoren kann Phosphorsäure nicht neben Kalk vorkommen, dagegen ist die Gegenwart von Magnesia ihrem Erscheinen im Harn nicht hinderlich. Der Grund dieses verschiedenen Verhaltens liegt darin, dass kohlensäurehaltige alkalische Flüssigkeiten kein Lösungsvermögen für phosphorsauren Kalk, wohl aber für phosphorsaure Magnesia besitzen.

5) Der Phosphorsäuremangel des Harns der Pflanzenfresser ist durch den Reichthum der Vegetabilien an pflanzensauren Alkalien und an Kalksalzen bedingt.

6) Beim Menschen wird durch citronensaures Kali die Phosphorsäureausscheidung im Harn um ein Geringes, die Kalkausscheidung dagegen sehr bedeutend vermindert.

7) Eine weitere Verringerung der Phosphorsäure tritt ein, wenn neben dem citronensauren Kali noch kohlensaurer Kalk gegeben wird.

---

1) Es ist möglich, ja sogar wahrscheinlich, dass diese Phosphorsäure nur zum kleineren Theil am Stoffwechsel betheiligt gewesen ist; doch ändert das an der Bedeutung der Thatsache nichts, da sie jedenfalls in das Blut mit übergegangen ist und dort denselben Bedingungen ausgesetzt war wie die dem Zerfall der Organe entstammende Phosphorsäure.

Es ist mir Bedürfniss, am Schlusse meiner Arbeit, meinem hochverehrten Lehrer, Herrn Prof. Dr. Stohmann, den innigsten Dank abzustatten für die gütige Unterstützung in Rath und That, welche mir derselbe bei Ausführung der vorstehenden Untersuchungen gewährt hat.

Analytische Belege zu vorstehender Abhandlung.

1. Versuche mit Bock I.

a) Futtermittel.

Heu, Stickstoffbestimmung. Die feingemahlene Substanz, deren Wassergehalt bestimmt ist, wird mit Natronkalk gemischt und verbrannt. Das gebildete Ammoniak in Schwefelsäure von bekanntem Gehalt aufgefangen, mit Barytwasser zurücktitrirt und auf Stickstoff berechnet.

30 ccm SO_4H_2 entspr. 0,14036 g N.
30 SO_4H_2 = 73,5 ccm $Ba(OH)_2$; 1 ccm $Ba(OH)_2$ = 0,00191 g N.

0,998 g Subst. = 0,919 g wfr. Subst. = 0,01277 g N = 1,39 %
(Zurücktitr. 66,8 ccm $Ba(OH)_2$).

1,104 g Subst. = 1,017 g wfr. Subst. = 0,01354 g N = 1,33 %
(Zurücktitr. 66,4 ccm $Ba(OH)_2$).

0,977 g Subst. = 0,900 g wfr. Subst. = 0,01220 g N = 1,36 %
(Zurücktitr. 67,1 ccm $Ba(OH)_2$).

Im Mittel 1,36 % N.

Aschenbestimmung. Die Substanz wird in einer Platinschale bei kaum beginnender Rothgluth verkohlt, die Kohle mit heissem Wasser ausgezogen, der Rückstand bei heller Rothgluth vollständig verascht und mit der wässrigen Lösung vereinigt zur Trockne gebracht. Kohlensäuregehalt der Asche wird volumetrisch nach Dietrich[1]) bestimmt.

100,09 g Subst. = 92,283 g wfr. Subst. ergaben 7,47 g Rohasche
= 7,334 g CO_2 fr. Asche = 7,95 %.

121,87 g Subst. = 112,741 g wfr. Subst. ergaben 9,37 g Rohasche
= 9,106 g CO_2 fr. Asche = 8,08 %.

50,00 g Subst. = 46,250 g wfr. Subst. ergaben 3,84 g Rohasche
= 3,754 g CO_2 fr. Asche = 8,12 %.

Im Mittel 8,05 % Asche.

Die Rohasche der drei Proben enthält 2,30 % CO_2.

Zur Bestimmung von P_2O_5, CaO und MgO wird die Asche mit kohlensaurem Natronkali geschmolzen, die Schmelze mit NO_3H (für die P_2O_5-Bestimmung) oder mit HCl (für die Bestimmung der Erden) aufgenommen, die Lösung

---

1) Zeitschr. f. analyt. Chemie Bd. III S. 162.

zur Abscheidung der SiO_2 zur Trockne verdampft und schliesslich von Neuem mit verdünnter Säure aufgenommen [1]). Die Phosphorsäurebestimmung wird in salpetersaurer Lösung nach Sonnenschein [2]) ausgeführt.

Zur Bestimmung der Erden wird die salzsaure Lösung mit Ammon übersättigt, sodann mit Essigsäure stark angesäuert, nach gelindem Erwärmen das ausgefällte PO_4Fe abfiltrirt und im Filtrat der Kalk mit oxalsaurem Ammon gefällt. Nach dem Trocknen und Glühen wird derselbe als CaO gewogen. Die vom Kalkniederschlag abfiltrirte Flüssigkeit wird mit Ammon übersättigt, nach 12 Stunden der entstandene Niederschlag von PO_4MgNH_4 aufs Filter gebracht und die Magnesia als $P_2O_7Mg_2$ gewogen. Zur K_2O- und Na_2O-Bestimmung wird die Asche mit wenig HCl angefeuchtet, zur Trockne verdampft, mit Wasser aufgenommen, die filtrirte Lösung mit Barytwasser bis zu stark alkalischer Reaction versetzt zum Sieden erhitzt, vom ausgefällten SO_4Ba und der MgO abfiltrirt, zur Trockne verdampft, nochmals mit heissem Wasser behandelt und eventuell noch einmal filtrirt. Im Filtrat wird der überschüssige Baryt durch $CO_3(NH_4)_2$ entfernt und die Ammonsalze schliesslich bei gelinder Hitze verdampft; die nunmehr in der Platinschale zurückbleibende, in Wasser klar lösliche Salzmasse wird mit einigen Tropfen HCl angefeuchtet zur Trockne gebracht und gelangt als KCl + NaCl zur Wägung. Der Kaligehalt wird darin durch Fällung mit $PtCl_4$ unter den bekannten Vorsichtsmaassregeln ermittelt. Die Differenz ergiebt den Gehalt an NaCl.

P_2O_5-Bestimmung.

0,642 g Asche = 0,627 g CO_2 fr. ergab 0,064 g $P_2O_7Mg_2$ = 0,0409 g P_2O_5 = 6,52 %
0,824 „ = 0,805 „ „ „ 0,084 „ „ „ = 0,0537 „ „ = 6,67
0,845 „ = 0,826 „ „ „ 0,085 „ „ „ = 0,0544 „ „ = 6,59
Im Mittel 6,60 % P_2O_5.

CaO-Bestimmung.

0,747 g Asche = 0,730 g CO_2 fr. gaben 0,099 CaO = 13,56 %
0,765 „ = 0,747 „ „ „ 0,101 „ „ = 13,52
Im Mittel 13,54 % CaO.

MgO-Bestimmung.

1,763 g Asche = 1,722 g CO_2 fr. = 0,360 g $P_2O_7Mg_2$ = 0,1297 g MgO = 7,53 %
0,951 „ = 0,929 „ „ = 0,194 „ „ „ = 0,0699 „ = 7,35
Im Mittel 7,44 % MgO.

K_2O- und Na_2O-Bestimmung.

1,056 g Asche = 1,032 g CO_2 frei gaben 0,518 g KCl + NaCl
0,518 KCl + NaCl gaben 1,522 g 2KCl $PNCl_4$ = 0,2939 KO = 28,48 %.
1,522 2KCl$PNCl_4$ = 0,465 g KCl, bleibt Rest 0,053 g NaCl
0,053 NaCl = 0,0281 Na_2O = 2,72 % Na_2O.
Gehalt: 28,48 % K_2O und 2,72 % Na_2O.

1) Es empfiehlt sich, den Kieselsäureniederschlag nach dem Trocknen noch einmal mit heisser NO_3H zu behandeln, da es häufig auch beim sorgfältigsten Auswaschen nicht gelingt, alle Phosphorsäure aus dem gallertartigen Niederschlage zu entfernen.

2) Journal f. prakt. Chemie Bd. LIII S. 343.

Asche des Heues vom 4. Febr. bis 20. Mai 1877.

Wegen Mangel an Material wurde eine bestimmte Menge Asche, wie oben behandelt, auf 200 ccm Flüssigkeit gelöst und in je 50 ccm dieser Lösung die einzelnen Bestimmungen ausgeführt.

P_2O_5 - Bestimmung.

0,873 g Asche = 0,841 g CO_2 fr. = 1) 0,091 g MgP_2O_7 0,0582 g P_2O_5 = 6,92 %
2) 0,089 „ „ „ = 0,0569 „ „ = 6,77
Mittel: 6,85 % P_2O_5.

CaO - Bestimmung.

0,873 g Asche = 0,841 g CO_2 fr. = 1) 0,173 g CaO = 20,57 %
2) 0,172 „ „ = 20,45
Mittel: 20,51 % CaO.

MgO - Bestimmung.

0,873 g Asche = 0,841 g CO_2 fr. = 1) 0,189 g $P_2O_7Mg_2$ = 0,0681 MgO = 8,10 %
2) 0,185 „ „ „ = 0,0667 „ „ = 7,93
Mittel: 8,02 % MgO.

K_2O- und Na_2O - Bestimmung.

0,764 g Asche = 0,737 g CO_2 fr. gaben 0,222 g KCl + NaCl
0,222 KCl + NaCl = 0,630 g 2 KCl $PNCl_4$ = 0,1217 K_2O = 16,51 %.
0,630 2 KCl $PNCl_4$ = 0,193 g KCl, bl. Rest 0,029 g NaCl = 0,154 g Na_2O = 2,09 %.
Gehalt: 16,51 % K_2O, 2,09 % Na_2O.

b) **Koth.** (Methoden wie beim Heu.)

Trockensubstanz im Koth.

Periode	lufttrockene Substanz g	wasserfrei g	frische Substanz g	lufttrocken g	wasserfrei g	% wasserfreie Substanz
11. — 17. Aug. .	2,264	2,077	1307,52	787,34	722,31	55,24
30. Aug. — 5. Sept.	2,384	2,192	1408,77	675,18	620,83	44,07
6. — 12. Sept. .	1,643	1,508	1408,34	641,58	589,23	41,84
26. Sept. — 2. Oct.	2,330	2,130	1408,11	820,49	750,09	53,27
3. — 9. Oct. . .	2,739	2,462	1393,24	836,97	752,35	54,00
6. — 12. Nov. .	2,475	2,249	1404,00	827,33	751,79	53,55

Stickstoff in der Trockensubstanz des Kothes.

Periode	Substanz g	30 ccm SO_4H_2 = N g	30 ccm SO_4H_2 = ccm $Ba(OH)_2$	1 ccm $Ba(OH)_2$ = N g	zurücktitrirt ccm	Substanz enthält N g	% N	Mittel % N
11.—17. Aug.	0,630 0,587	0,14036	73,5	0,00191	68,2 68,7	0,01010 0,00914	1,60 1,56	1,58
30. Aug.—5. Sept.	0,571 0,565	"	66,2	0,00212	61,9 61,9	0,00913 0,00913	1,60 1,62	1,61
6.—12. Sept.	0,645 0,564	"	"	"	61,4 61,9	0,01019 0,00913	1,58 1,62	1,60
26. Sept.—2. Oct.	0,559 0,524	"	76,4	0,00184	71,6 71,9	0,00862 0,00806	1,54 1,54	1,54
3.—9. Oct.	0,526 0,623	"	"	"	71,5 70,7	0,00880 0,01027	1,67 1,65	1,66
6.—12. Nov.	0 598 0,522	"	"	"	71,1 71,7	0,00954 0,00843	1,60 1,63	1,62

Asche in der Trockensubstanz des Kothes.

Periode	Substanz g	darin Rohasche g	Substanz Rohasche g	darin CO_2 g	angew. Substanz enth. reine Asche g	% reine Asche
11.—17. Aug.	56,677	7,92	0,951	0,007	7,862	13,87
30. Aug.—5. Sept.	92,345	15,14	CO_2 frei		15,14	16,40
6.—12. Sept.	92,253	16,54			16,54	17,93
26. Sept.—2. Oct.	46,414	8,07	1,078	0,012	7,98	17,19
3.—9. Oct.	90,604	15,94	1,374	0,007	15,86	17,50
6.—12. Nov.	83,791	10,37	0,907	0,031	10,02	11,96

P_2O_5 in der CO_2 freien Kothasche.

Periode	Substanz g	$P_2O_7Mg_2$ g	darin P_2O_5 g	% P_2O_5	Mittel % P_2O_5
11.—17. Aug.	0,747 0,616	0,191 0,157	0,1222 0,1004	16,35 16,30	16,33
30. Aug.—5. Sept.	0,529 0,628	0,213 0,251	0,1362 0,1605	25,75 25,56	25,66
6.—12. Sept.	0,449 0,493	0,168 0,185	0,1075 0,1183	23,94 23,98	23,96
26. Sept.—2. Oct.	0,798 0,841	0,312 0,331	0,1996 0,2117	25,01 25,17	25,09
3.—9. Oct.	0,378 0,339	0,160 0,144	0,1023 0,0921	27,06 27,17	27,12
6.—12. Nov.	0,918 0,938	0,179 0,182	0,1145 0,1168	12,47 12,38	12,43

CaO in der CO_2 freien Kothasche.

Periode	Substanz g	CaO g	% CaO	Mittel % CaO
11.—17. Aug. . . .	0,816	0,191	23,41	23,37
	0,621	0,157	23,32	
30. Aug.—5. Sept. . .	1,283	0,222	17,30	17,24
	0,879	0,151	17,18	
5.—12. Sept. . . .	0,732	0,111	15,17	15,22
	0,774	0,119	15,37	
26. Sept.—2. Oct. . .	0,781	0,207	26,50	26,47
	0,764	0,202	26,44	
3.—9. Oct.	1,024	0,288	28,13	28,08
	1,145	0,322	28,03	
6.—12. Nov.	0,737	0,186	25,24	25,12
	0,820	0,205	25,00	

MgO in den CO_2 freien Kothaschen.

Periode	Substanz g	gefunden $P_2O_7Mg_2$ g	darin MgO g	% MgO	Mittel % MgO
11.—17. Aug.	0,708	0,136	0,0490	6,92	6,86
	0,556	0,105	0,0378	6,80	
30. Aug.—5. Sept. . . .	1,010	0,188	0,0678	6,71	6,80
	0,879	0,168	0,0605	6,89	
6.—12. Sept	0,732	0,120	0,0432	5,90	5,96
	0,774	0,129	0,0465	6,01	
26. Sept.—2. Oct. . . .	0,781	0,136	0,0490	6,27	6,25
	0,764	0,132	0,0476	6,23	
3.—9. Oct.	1,024	0,182	0,0656	6,41	6,34
	1,145	0,199	0,0717	6,26	
6.—12. Nov.	1,071	0,266	0,0959	8,95	8,90
	0,962	0,236	0,0851	8,85	

c) Harn.

Tägliche Stickstoffbestimmungen im Harn von Bock I.

Datum	Harn pro Tag g	spec. Gew.	angew. 5 ccm Harn g	30 ccm SO_4H_2 = N g	30 ccm SO_4H_2 = $Ba(OH)_2$ ccm	1 ccm $Ba(OH)_2$ = N g	zurücktitrirt ccm	Substanz enthält N g	% N	Mittel % N	N pro Tag g
Aug. 11.	1115	1,043	5,215	0,14036	64,4	0,00218	50,8 51,2	0,02962 0,02874	0,57 0,55	0,56	6,24
12.	800	1,048	5,240	„	„	„	47,6 47,6	0,03659 „	0,70	0,70	5,60
13.	1000	1,044	5,220	„	„	„	48,1 48,4	0,03550 0,03485	0,68 0,67	0,68	6,80
14.	987	1,042	5,210	„	„	„	48,7 49,0	0,03419 0,03354	0,65 0,64	0,65	6,42
15.	905	1,047	5,235	„	„	„	46,5 46,4	0,03899 0,03921	0,74 0,75	0,75	6,79
16.	916	1,049	5,245	„	„	„	47,7 47,9	0,03637 0,03594	0,69 0,68	0,69	6,23
17.	993	1,046	5,230	„	„	0,00218	49,5 49,7	0,03245 0,03201	0,62 0,61	0,62	6,16
30.	1148	1,041	5,205	„	64,2	0,00219	53,8 54,0	0,02254 0,02210	0,43 0,42	0,43	4,94
31.	752	1,047	5,235	„	„	„	51,7 51,4	0,02714 0,02779	0,52 0,53	0,53	3,99
Sept. 1.	877	1,048	5,240	„	„	„	49,4 49,8	0,03217 0,03130	0,61 0,60	0,61	5,35
2.	794	1,049	5,245	„	„	„	50,5 50,7	0,02976 0,02933	0,57 0,56	0,57	4,53
3.	753	1,052	5,260	„	„	„	49,6 50,0	0,03174 0,03086	0,60 0,59	0,60	4,52
4.	1024	1,046	5,230	„	„	„	53,3 53,2	0,02363 0,02385	0,45 0,46	0,46	4,71
5.	979	1,047	5,235	„	„	„	54,8 54,6	0,02035 0,02079	0,39 0,40	0,40	3,92

Tägliche Stickstoffbestimmungen im Harn von Bock I.

Datum	Harn pro Tag g	spec. Gew.	angew. 5 ccm Harn = g	30 ccm SO_4H_2 = N g	30 ccm SO_4H_2 = $Ba(OH)_2$ ccm	1 ccm $Ba(OH)_2$ = N g	zurücktitrirt ccm	Substanz enthält N g	% N	Mittel % N	N pro Tag g
Sept. 6.	950	1,046	5,230	0,14036	64,2	0,00219	53,5 53,5	0,02319 "	0,44	0,44	4,18
7.	946	1,045	5,225	"	"	"	53,7 54,0	0,02276 0,02210	0,44 0,42	0,43	4,07
8.	911	1,046	5,230	"	"	"	54,0 54,0	0,02210 0,02166	0,42 0,41	0,41	3,83
9.	931	1,048	5,240	"	"	"	52,7 52,8	0,02495 0,02473	0,48 0,47	0,48	4,47
10.	878	1,044	5,220	"	"	"	53,7 53,7	0,02276 "	0,44	0,44	3,86
11.	831	1,045	5,225	"	72,9	0,00193	60,0 60,2	0,02456 0,02417	0,47 0,46	0,47	3,90
Nov. 6.	920	1,039	5,195	"	74,3	0,00189	59,3 59,3	0,02828 "	0,54	0,54	4,97
7.	884	1,040	5,200	0,74036	"	"	59,0 59,2	0,02885 0,02847	0,55	0,55	4,86
9.	831	1,042	5,210	"	"	"	55,6 55,6	0,03528 "	0,68	0,68	5,65
10.	1638	1,023	5,115	"	"	"	66,1 66,1	0,01543 "	0,30	0,30	4,91
11.	1478	1,025	5,125	"	"	"	64,7 64,9	0,01908 0,01870	0,37 0,36	0,37	5,47
12.	772	1,043	5,215	"	"	"	54,6 54,3	0,03717 0,03773	0,71 0,72	0,72	5,56

Tägliche Phosphorsäurebestimmungen im Harn von Bock I.

Der Harn wird zur Phosphorsäurebestimmung abgedampft, bei schwacher Rothgluth verkohlt, die Kohle mit heissem Wasser ausgezogen. Der Rückstand wird in der Muffel vollständig verascht, mit der Lösung vereinigt und unter Zusatz von NO_3H zur Trockne verdampft. Der trockene Rückstand wird mit verdünnter NO_3H aufgenommen, filtrirt und in der Lösung die P_2O_5 nach Sonnenschein bestimmt. (Molybdänmethode.)

Datum	an-gewandt	gefunden $P_2O_7Mg_2$ g	darin P_2O_5 g	Mittel P_2O_5 g	P_2O_5 pro Tag g
Aug. 11.	1/8 des Gesammtharnes	0,005	0,0032	0,0032	0,026
		0,005	"		
12.		0,003	0,0019	0,0023	0,018
		0,004	0,0026		
13.		0,005	0,0032	0,0039	0,031
		0,007	0,0045		
14.		0,006	0,0038	0,0035	0,028
		0,005	0,0032		
15.		0,005	0,0032	0,0032	0,026
		0,005	"		
16.		0,005	0,0032	0,0032	0,026
		0,005	"		
17.		0,004	0,0026	0,0029	0,023
		0,005	0,0032		
30.		0,009	0,0058	0,0058	0,0464
		0,009	"		
31.		0,005	0,0032	0,0032	0,026
		0,005	"		
Sept. 1.		0,023	0,0147	0,0147	0,118
		0,023	"		
2.		0,006	0,0038	0,0035	0,028
		0,005	0,0032		
3.		0,012	0,0077	0,0074	0,059
		0,011	0,0070		
4.		0,011	0,0070	0,0074	0,059
		0,012	0,0077		
5.		0,036	0,0230	0,0230	0,184
		0,036	"		

Tägliche P_2O_5-Bestimmungen im Harn von Bock I.

Datum	an-gewandt	gefunden $P_2O_7Mg_2$ g	darin P_2O_5 g	Mittel P_2O_5 g	P_2O_5 pro Tag g
Sept. 6.	1/8 des Gesammtharnes	0,043 0,043	0,0275 „	0,0275	0,220
7.		0,027 0,027	0,0173 „	0,0173	0,138
8.		0,045 0,044	0,0288 0,0281	0,0285	0,228
9.		0,040 0,040	0,0256 „	0,0256	0,205
10.		0,049 0,049	0,0313 „	0,0313	0,250
11.		0,056 0,055	0,0358 0,0352	0,0355	0,284
13.		0,074 0,072	0,0473 0,0461	0,0467	0,374
14.		0,120 0,118	0,0768 0,0755	0,0762	0,610
15.		0,057 0,059	0,0365 0,0377	0,0371	0,297
16.		0,059 0,059	0,0377 „	0,0377	0,302
17.		0,086 0,086	0,0550 „	0,0550	0,440
19.		0,108 0,107	0,0691 0,0684	0,0688	0,550
20.		0,120 0,120	0,0768 „	0,0768	0,614
21.		0,118 0,117	0,0755 0,0748	0,0752	0,602
22.		0,125 0,124	0,0800 0,0793	0,0797	0,638
24.		0,174 0,172	0,1112 0,1100	0.1106	0,885
25.		0,194 0,196	0,1241 0,1254	0,1248	0,998

Tägliche P_2O_5-Bestimmungen im Harn von Bock I.

Datum	angewandt	gefunden $P_2O_7Mg_2$ g	darin P_2O_5 g	Mittel P_2O_5 g	P_2O_5 pro Tag g
Sept. 26.	1/16 des Gesammtharnes	0,053	0,0339	0,0339	0,542
		0,053	"		
27.		0,043	0,0275	0,0275	0,440
		0,043	"		
28.		0,038	0,0243	0,0240	0,384
		0,037	0,0237		
29.		0,032	0,0205	0,0205	0,328
		0,032	"		
30.		0,031	0,0198	0,0198	0,317
		0,031	"		
Oct. 1.		0,017	0,0109	0,0112	0,189
		0,018	0,0115		
2.	1/8 des Gesammtharnes	0,049	0,0313	0,0310	0,248
		0,048	0,0307		
3.		0,040	0,0256	0,0253	0,202
		0,039	0,0249		
4.		0,047	0,0301	0,0301	0,241
		0,047	0,0301		
5.		0,010	0,0064	0,0067	0,054
		0,011	0,0070		
6.		0,015	0,0096	0,0093	0,074
		0,014	0,0090		
7.		0,010	0,0064	0,0064	0,051
		0,010	"		
8.		0,013	0,0083	0,0083	0,066
		0,013	"		
9.		0,014	0,0090	0,0087	0,069
		0,013	0,0083		
10.		0,009	0,0058	0,0055	0,044
		0,008	0,0051		
11.		0,011	0,0070	0,0074	0,059
		0,012	0,0077		
12.		0,018	0,0115	0,0115	0,092
		0,018	"		

Tägliche P_2O_5-Bestimmungen im Harn von Bock I.

Datum	angewandt	gefunden $P_2O_7Mg_2$ g	darin P_2O_5 g	Mittel P_2O_5 g	P_2O_5 pro Tag g
Oct. 13.	$^1/_8$ des Gesammtharnes	0,023	0,0147	0,0147	0,118
		0,023	„		
14.		0,033	0,0211	0,0208	0,167
		0,032	0,0205		
15.		0,024	0,0154	0,0157	0,126
		0,025	0,0160		
16.		0,021	0,0134	0,0134	0,115
		0,021	„		
17.		0,023	0,0147	0,0147	0,118
		0,023	„		
18.		0,023	0,0147	0,0151	0,121
		0,024	0,0154		
20.		0,022	0,0141	0,0141	0,113
		0,022	„		
21.		0,064	0,0409	0,0406	0,325
		0,063	0,0403		
22.		0,048	0,0307	0,0304	0,243
		0,047	0,0301		
23.		0,108	0,0691	0,0685	0,548
		0,106	0,0678		
24.		0,126	0,0806	0,0813	0,650
		0,128	0,0819		
25.		0,163	0,1043	0,1033	0,826
		0,160	0,1023		
27.		0,025	0,0160	0,0160	0,128
28.		0,010	0,0064	0,0064	0,051
		„	„		
29.		0,007	0,0045	0,0045	0,036
30.	$^1/_4$ des Gesammtharnes	0,008	„	0,0051	0,020
31.		0,008	„	0,0051	0,020
Nov. 1.		0,010	„	0,0064	0,026
2.		0,006	„	0,0038	0,015
3.		0,006	„	0,0038	0,015

Tägliche P_2O_5-Bestimmungen des Harns von Bock I.

Datum	angewandt	gefunden $P_2O_7Mg_2$ g	darin P_2O_5 g	Mittel P_2O_5 g	P_2O_5 pro Tag g
Nov.					
4.	1/4 des Gesammtharnes	0,006	0,0045	0,0038	0,015
5.		0,006	"	0,0038	0,015
6.		0,008	"	0,0051	0,020
7.		0,005	"	0,0032	0,013
9.		0,006	"	0,0038	0,015
11.		0,008	"	0,0051	0,020
12.		0,004	"	0,0026	0,010

Reine Asche im Harn von Bock I.

Periode	angewandter Tagesharn l	darin Rohasche g	Rohasche pro Tag g	angewandte Rohasche zu CO_2-Best. g	darin CO_2 g	reine Asche pro Tag g	reine Asche pro Periode g
11.—17. Aug. .	1,4	58,98	42,13	0,899	0,089	37,96	266
30. Aug.—5. Sept.	1,4	57,69	41,21	0,827	0,127	34,87	244
6.—12. Sept. .	0,6	23,36	38,93	0,866	0,122	33,44	234
26. Sept.—2. Oct.	1,4	61,10	43,64	0,812	0,130	36,61	256
3.—9. Oct. .	1,0	44,74	44,74	0,888	0,125	38,44	269
6.—12. Nov. .	1,2	44,21	36,84	0,715	0,065	33,49	234

CaO in der CO_2 freien Harnasche von Bock I.

Periode	Substanz g	gefunden CaO g	% CaO	Mittel % CaO g
11.—17. Aug. .	6,470 7,895	0,025 0,028	0,39 0,35	0,37
30. Aug.—5. Sept.	5,535 5,588	0,011 0,012	0,20 0,22	0,21
6.—12. Sept. .		Spuren.		
26. Sept.—2. Oct.	7,183 5,819	0,008 0,007	0,11 0,12	0.12
3.—9. Oct. . .	4,543 6,302	0,010 0,011	0,22 0,18	0,20
6.—12. Nov. .	6,725 6,547	0,076 0,072	1,13 1,10	1,12

MgO in der CO_2 freien Harnasche von Bock I.

Periode	Substanz g	gefunden $P_2O_7Mg_2$ g	darin MgO g	% MgO	Mittel % MgO
11. — 17. Aug.	6,470	0,619	0,2231	3,45	3,46
	7,895	0,757	0,2728	3,46	
30. Aug. — 5. Sept. . . .	5,535	0,378	0,1362	2,46	2,46
	5,588	0,380	0,1370	2,45	
6. — 12. Sept.	4,845	0,297	0,1070	2,21	2,25
	6,320	0,402	0,1449	2,29	
26. Sept. — 2. Oct. . . .	7,183	0,456	0,1643	2,29	2,27
	5,819	0,362	0,1305	2,24	
3. — 9. Oct.	4,543	0,379	0,1555	2,98	2,99
	6,302	0,524	0,1888	3,00	
6. — 12. Nov.	6,725	0,648	0,2335	3,47	3,49
	6,547	0,636	0,2292	3,50	

CaO und MgO im Tränkwasser.

2. Sept.: 2 l = 0,56 Rückstand,
im Rückstand gefunden 0,160 CaO
„ „ „ 0,125 $P_2O_7Mg_2$ = 0,045 MgO.

10. Nov.: 2 l = 0,51 Rückstand,
im Rückstand gefunden 0,176 CaO
„ „ „ 0,113 $P_2O_7Mg_2$ = 0,041 MgO.
1 l im Mittel = 0,084 CaO, 0,0215 MgO.

CaO im Kochsalz.

9,928 Subst. = 0,091 CaO = 0,92 %
7,257 „ = 0,065 „ = 0,90
Mittel: 0,91 %.

MgO nur in Spuren gefunden.

2. Versuche am Menschen.

a) Nahrungsmittel.

Trockensubstanz in Fleisch und Brod.

Fleisch: 5,354 g lufttr. Substanz = 5,088 g wfr.
100,33 frische Substanz = 26,00 lufttr. = 24,708 g wfr. = 24,62 % tr.
Brod: 5,903 g lufttr. Substanz = 5,672 g wfr.
58,17 frische Substanz = 32,47 lufttr. = 31,200 g wfr. = 53,64 % wfr.

Stickstoffbestimmungen.

Fleisch: 30 ccm SO_4H_2 = 0,14036 g N = 79,6 ccm $Ba(OH_2)$, 1 ccm $Ba(OH)_2$ = 0,00176 g N
0,612 wfr. Substanz gaben 0,07876 N = 12,87 %; zurücktitr. 35,0 ccm $Ba(OH)_2$
0,783 „ „ „ 0,10041 N = 12,82 „ 22,7 „ „
0,624 „ „ „ 0,07999 N = 12,82 „ 34,3 „ „

Brod: 30 ccm SO_4H_2 = 0,04679 g N = 60,4 ccm $Ba(OH)_2$, 1 ccm $Ba(OH)_2$ = 0,000775 g N

1,526 g tr. Substanz	= 0,02276 g N	= 1,49 % N;	zurücktitr. 31,0 ccm	$Ba(OH)_2$
1,278 „ „	= 0,01951 N	= 1,53 N;	„ 35,2	„ „
0,837 „ „	= 0,01269 N	= 1,52 N;	„ 44,0	„ „

Bier: Titre etc. wie bei Brod.

20 ccm Substanz ergaben: 1) 0,01269 g N; zurücktitr. 44,0 ccm $Ba(OH)_2$
2) 0,01284 N; „ 43,8 „ „
3) 0,01277 N; „ 43,9 „ „

Kaffee: 30 ccm SO_4H_2 = 0,04679 g N = 54,0 ccm $Ba(OH)_2$, 1 ccm $Ba(OH)_2$ = 0,00087 g N

24 ccm Substanz ergaben: 1) 0,00790 g N; zurücktitr. 44,7 ccm $Ba(OH)_2$
2) 0,00781 N; „ 44,8 „ „

Asche in der Trockensubstanz der Nahrungsmittel.

Art der Substanz	angewandte Substanz g	Substanz giebt Asche g	% Asche	Bemerkungen
Fleisch	79,341	3,67	4,63	Enthielt noch geringe Mengen von Kohle.
Brod	55,955	0,99	1,77	
Bier	1000,00	2,05	—	
Kaffee	500,00	0,903	—	
Heidelbeeren . . .	15,90	0,44	—	

P_2O_5 in den Aschen.

Art der Substanz	angewandte Substanz g	gefunden $P_2O_7Mg_2$ g	darin P_2O_5 g	% P_2O_5
Fleischasche	0,485	0,299	0,1913	39,44
	„	0,300	0,1919	39,57
Brodasche	0,247	0,150	0,0959	38,83
	„	0,149	0,0953	38,59
Bierasche	0,410	0,235	0,1503	36,59
	„	0,235	0,1503	
Kaffeeasche	0,181	0,020	0,0128	7,07
	„	0,021	0,0134	7,40
Heidelbeeren	0,220	0,045	0,0288	13,09

CaO und MgO in den Aschen der Nahrungsmittel.

Art der Substanz	angewandte Substanz g	gefunden CaO g	% CaO	gefunden $P_2O_7Mg_2$ g	darin MgO g	% MgO
Fleischasche	1,014	0,015	1,48	0,097	0,0350	3,45
	„	0,016	1,58	0,099	0,0357	3,52
Brodasche	0,247	0,015	6,07	0,052	0,0187	7,57
	„	0,015		0,054	0,0195	7,89
Bierasche	0,410	0,007	1,71	0,074	0,0267	6,51
	„	0,008	1,95	0,074		
Kaffeeasche	0,181	0,007	—	0,026	0,0094	—
	„	0,007	—	0,027	0,0097	—
Asche der Heidelbeeren	0,220	0,020	—	0,027	0,0097	—

b) Koth.

Trockensubstanz im Koth.

v. 11.—13. Febr. 2,810 g lufttr. Substanz = 2,632 g wfr.
356,40 g fr. Subst. = 86,41 g lufttr. = 80,94 „ = 22,71 % wfr. Subst.
v. 14.—16. Febr. 3,972 g lufttr. Subst. = 3,810 „
431,74 g fr. Subst. = 103,98 g lufttr. = 99,74 „ = 23,10 % „ „
v. 17.—19. Febr. 5,250 g lufttr. Subst. = 5,028 „
466,56 g fr. Subst. = 130,95 g lufttr. = 125,41 „ = 26,88 % „ „

Asche im trockenen Koth.

v. 11.—13. Febr. 56,249 g Subst. = 5,55 g Asche = 9,87 %
„ 14.—16. „ 58,410 „ = 5,88 „ = 10,07
„ 17.—19. „ 76,338 „ = 20,10 „ = 26,33

Stickstoff im trockenen Koth.

Periode	angewandte Substanz g	30 ccm SO_4H_2 = N g	30 ccm SO_4H_2 = ccm $Ba(OH)_2$	1 ccm $Ba(OH)_2$ = N g	zurücktitrirt	Substanz enthält N g	% N	Mittel % N
11.—13. Febr.	0,516	0,14036	79,6	0,00176	59,8	0,03511	6,80	6,80
	0,667	„	„	„	53,4	0,04538	6,80	
14.—16. „	1,029	„	„	„	40,8	0,06855	6,66	6,68
	0,553	„	„	„	58,7	0,03705	6,70	
17.—19. „	0,642	„	71,9	0,00195	56,6	0,02999	4,67	4,67
	0,664	„	„	„	56,1	0,03097	4,66	

P_2O_5 in den Kothaschen.

Periode	angewandte Substanz g	gefunden $P_2O_7Mg_2$ g	darin P_2O_5 g	% P_2O_5
11.—13. Febr. .	0,425	0,262	0,1676	39,44
	„	0,261	0,1669	39,29
14.—16. „	0,551	0,333	0,2130	38,66
	„	0,332	0,2123	38,53
17.—19. „	0,746	0,187	0,1196	16,03
	„	0,187		

CaO und MgO in den Kothaschen.

Periode	angewandte Substanz g	gefunden CaO g	% CaO	gefunden $P_2O_7Mg_2$ g	darin MgO g	% MgO
11.—13. Febr. .	0,8175	0,060	7,34	0,303	0,1092	13,36
	„	0,058	7,09	0,300	0,1081	13,22
14.—16. „	0,551	0,046	8,35	0,196	0,0706	12,81
	„	0,047	8,53	0,196		
17.—19. „	0,850	0,419	49,29	0,085	0,0306	3,60
		0,420	49,41	0,086	0,0310	3,65

c) Harn.

Asche im Harn.

11.—13. Februar: ³/₄ des Tagesharns = 10,16 g Asche
14.—16. „ „ „ „ = 29,66 „
17.—19. „ „ „ „ = 30,23 „

CaO und MgO in der Harnasche.

Periode	angewandte Substanz g	gefunden CaO g	% CaO	gefunden $P_2O_7Mg_2$ g	darin MgO g	% MgO
11.—13. Febr. .	1,950	0,024	1,23	0,107	0,0386	1,98
	„	0,024		0,107		
14.—16. „	3,996	0,009	0,23	0,075	0,0270	0,68
	„	0,010	0,25	0,075		
17.—19. „	4,456	0,033	0,74	0,101	0,0364	0,82
	„	0,033	0,74	0,100	0,0360	0,81

Stickstoff im täglichen Harn.

Datum	Harn pro Tag g	spec. Gewicht g	angewandt g	30 ccm SO_4H_2 = N g	30 ccm SO_4H_2 = ccm $Ba(OH)_2$	1 ccm $Ba(OH)_2$ = N g	zurücktitrirt	Substanz enthält N g	% N	N pro Tag g
Febr. 10.	1829	1,015	5,075	0,14036	79,5	0,00177	61,9	0,03080	0,63	11,52
							61,9	„	0,63	
11.	2225	1,012	5,060	„	„	„	61,1	0,03221	0,64	14,24
							61,2	0,03204	0,63	
12.	1948	1,013	5,065	„	„	„	56,6	0,04018	0,79	15,39
							56,6	„	0,79	
13.	2406	1,011	5,055	„	„	„	60,5	0,03328	0,66	15,88
							60,7	0,03282	0,65	
14.	2413	1,016	5,080	„	„	„	61,9	0,03080	0,61	14,72
							61,9	0,03081	0,61	
15.	3639	1,016	10,16	„	„	„	54,0	0,04478	0,44	16,01
							54,0	„	0,44	
16.	4049	1,013	10,13	„	„	„	57,4	0,03876	0,38	15,39
							57,7	0,03823	0,38	
17.	3530	1,016	10,16	„	„	„	55,2	0,04266	0,42	14,83
							55,0	0,04301	0,42	
18.	3503	1,016	10,16	„	71,9	0,00195	48,6	0,04559	0,45	15,76
							48,9	0,04501	0,44	
19.	3196	1,017	10,17	„	„	„	46,2	0,05027	0,49	15,98
							46,0	0,05066	0,50	
20.	3591	1,015	10,15	„	„	„	50,0	0,04286	0,42	15,08
							50,6	0,04159	0,41	
21.	1881	1,015	5,075	„	„	„	51,0	0,04091	0,81	15,24

Die nachstehenden P_2O_5-Bestimmungen im Harn sind mit Uranlösung durch Titration ausgeführt. Methode: Neubauer „Anleitung zur Harnanalyse".

P_2O_5 im täglichen Harn.

Datum	50 ccm Harn g	1 ccm Uranlösung = P_2O_5 g	verbraucht Uran ccm	Substanz enthält P_2O_5 g	% P_2O_5
Febr. 10.	50,75	0,00765	14,0	0,1071	0,211
			13,9	0,1063	0,209
11.	50,60	„	11,0	0,0842	0,166
			11,0	„	„

P_2O_5 im täglichen Harn.

Datum	50 ccm Harn g	1 ccm Uranlösung = P_2O_5 g	verbraucht Uran g	Substanz enthält P_2O_5 g	% P_2O_5
Febr.					
12.	50,65	0,00765	12,0	0,0918	0,181
			12,0	„	„
13.	50,55	„	9,6	0,0734	0,145
			9,8	0,0750	0,148
14.	50,80	„	9,2	0,0704	0,139
			9,1	0,0696	0,137
15.	50,80	„	6,5	0,0497	0,098
			6,6	0,0505	0,099
16.	50,65	„	5,4	0,0413	0,082
			5,4	„	„
17.	50,80	„	5,4	0,0413	0,081
			5,4	„	„
18.	50,80	„	5,7	0,0436	0,086
			5,7	„	„
19.	50,85	„	5,4	0,0413	0,081
			5,3	0,0405	0,080
20.	50,75	„	3,6	0,0275	0,054
			3,5	0,0268	0,053
21.	50,75	„	12,7	0,0972	0,192
			12,8	0,0979	0,193

Der Stoffwechsel eines Kindes im ersten Lebensjahre.

Von

Dr. W. Camerer,
Oberamtsarzt zu Riedlingen (Würtemberg),

mit Analysen von

Dr. O. Hartmann,
Assistent am chem. Laboratorium zu Tübingen.

Ich machte die folgenden Beobachtungen an meinem 5. Kinde, einem Mädchen, welches am 1. April 1877 Abends 7 Uhr 35 Min. geboren ist. Beide Eltern sind 35 Jahre alt, vollständig gesund.

1. Ernährung und Entwicklung des Kindes im Allgemeinen.

Dasselbe erhielt bis zum 163. Lebenstage nur Muttermilch als Nahrung, vom 182. bis zum 245. nur Kuhmilch (anfangs mit etwas Wasser und Zucker); in der Zwischenzeit erhielt es Muttermilch und Kuhmilch zugleich. Beim Beginn des 9. Monates ging es zu gemischter Kost über, nahm jedoch neben der Kuhmilch nur wenig andere Nahrung zu sich, am liebsten Fleisch, Ei; zum Nagen etwas Brod oder Apfel.

Das Kind war während der Beobachtungszeit mehrmals unwohl. Wie viele Tage der Krankheit zuzurechnen seien, war nicht immer zweifellos; ich habe im zweiten Abschnitt eine Eintheilung in Tage der Gesundheit und Krankheit versucht auf Grundlage meiner Aufzeichnungen über das Befinden des Kindes, combinirt mit dem Resultate der Kindswägungen; sollte der Leser eine andere Gruppirung der Zahlen vorziehen, so habe ich nichts dagegen einzuwenden.

Am 3. Tag nämlich zeigte sich an einer Ferse eine circa linsengrosse Excoriation; es entstand ein kleines Geschwür, welches am 10. Tag verheilt war. Vom 8. Tag an entwickelte sich ein etwa wallnussgrosser Abscess am Hinterkopf, welcher am 11. Tag mit dem Messer eröffnet wurde, sich aber schon

am 13. Tag schloss und keinen Eiter mehr producirte. Am 28. und den folgenden Tagen litt das Kind an Schnupfen, vom 93. Tag an litt es an Entzündung des Zahnfleisches über den unteren Schneidezähnen. Die beiden mittleren Zähne schienen damals durchgebrochen zu sein, indem sie mit dem Fingernagel durch ein Grübchen im Zahnfleisch erreicht werden konnten; sie verschwanden aber nach wenigen Tagen wieder gänzlich unter dem Zahnfleisch. Vom 163. Tage an litt das Kind an mässigem Durchfall, wohl in Folge des Entwöhnens; übrigens brach in diesen Tagen auch ein unterer Schneidezahn definitiv durch. Der Durchfall hörte nahezu auf, als die Milch von einer anderen Kuh genommen wurde, eine Neigung dazu blieb jedoch. Er trat wieder stärker auf vom 189.—202. Tag, zu welcher Zeit der zweite untere Schneidezahn durchbrach.

Vom Beginn des 9. Monats an wurde das Kind weniger sorgfältig beobachtet; es bekam bis zum Ende des ersten Jahres weitere sechs Schneidezähne ohne grössere Beschwerden und überstand im 11. Monat die Varicellen. — Am Ende des 8. Monates begann es auf dem Boden zu kriechen und einzelne Silben nachzusprechen; am Ende des ersten Jahres konnte es sich ohne Hilfe vom Boden erheben und ziemlich lang frei stehen; es lief mit grosser Geschwindigkeit auf allen Vieren und ging aufrecht, wo es sich (an Wänden, Hausgeräthen) mit der Hand stützen konnte; es sprach eine ziemliche Anzahl von Worten deutlich, theils spontan, theils auf Vorsagen; am Ende des 13. Monates konnte es ohne Unterstützung gehen.

2. Gewichtszunahme des Kindes.

Dasselbe wurde an den ersten 46 Tagen 12stündig gewogen, am Beginn und in der Mitte eines Lebenstages, also Abends und Morgens etwa um 8 Uhr. Später wurde es zuerst alle Tage, sodann alle 2—5 Tage, schliesslich in Zwischenräumen von 1—2 Monaten gewogen.

Tabelle I enthält die Gewichte des Kindes, die Differenzen der auf einander folgenden Abendgewichte, sowie das durchschnittliche tägliche Wachsthum für grössere Perioden. Die Zahlen bedeuten hier, wie überall, Gramm.

Tabelle I.

Lebenstage	1	2	3	4	5	6	7	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Abendgewicht . . .	3370	3185	113	103	118	130	202	—	094	115	158	160	190	210	236	235	298
Morgengewicht . . .	—	3150	156	103	125	149	—	140	113	120	140	160	180	195	279	285	370
Differenzen	— 185	— 72	— 10	15	12	72	— 108	—	21	43	2	30	20	26	— 1	63	42
								Krankheit				tägliches Wachsthum:					
Lebenstage	**19**	**20**	**21**	**22**	**23**	**24**	**25**	**26**	**27**	**28**	**29**	**30**	**31**	**32**	**33**	**34**	**35**
Abendgewicht . . .	340	380	395	457	435	500	510	540	546	629	670	680	650	630	660	730	725
Morgengewicht . . .	340	400	410	450	500	481	546	530	590	620	620	620	620	635	670	710	735
Differenzen	40	15	62	— 22	65	10	30	6	83	41	10	— 30	— 20	30	70	— 5	45
	31,3 (aus 15 Tagen berechnet)									Krankheit 4 Tage				tägliches			
Lebenstage	**36**	**37**	**38**	**39**	**40**	**41**	**42**	**43**	**44**	**45**	**46**	**47**	**48**	**49**	**50**	**51**	
Abendgewicht . . .	770	770	820	868	890	920	3960	3945	4010	4035	046	110	—	110	174	128	
Morgengewicht . . .	780	780	820	848	910	915	3950	3955	3985	4030	090	—	—	—	—	—	
Differenzen	0	50	48	22	30	40	— 15	65	25	11	64	0	0	64	— 46	52	
	Wachsthum: 27,5 (aus 20 Tagen berechnet)																
Lebenstage	**52**	**53**	**54**	**55**	**56**	**57**	**58**	**59**	**60**	**61**	**63**	**64**	**66**	**67**	**68**	**69**	**70**
Abendgewicht . . .	180	220	240	270	250	265	300	314	320	350	375	370	413	470	545	505	582
Differenzen	40	20	30	— 20	15	35	14	6	30	25	— 5	43	57	75	— 40	77	58
	tägliches Wachsthum: 21,9 (aus 21 Tagen berechnet)																

Lebenstage	73	76	79	82	85	88	91	94	97	100	104	105	109	112	113	114	116
Abendgewicht	640	680	700	770	890	4895	4960	5030	5000	060	050	190	153	208	222	230	295
Differenzen	40	20	70	120	5	65	70	— 30	60	— 10	140	— 37	55	14	8	65	57
	tägl. Wachsthum: 18,6 (aus 21 Tagen)							Krankheit 10 Tage				tägl. Wachsthum: 18,3					

Lebenstage	120	124	127	133	136	139	141	145	148	152	156	159	161	162	163	164	167
Abendgewicht	352	455	455	580	635	650	705	810	850	5930	5990	6040	6043	107	122	051	060
Differenzen	103	0	125	55	15	55	105	40	80	60	50	3	64	15	— 71	9	15
	(aus 29 Tagen)			tägliches Wachsthum: 18,1 (aus 30 Tagen)											Krankheit 9 Tage		

Lebenstage	172	173	175	177	179	181	183	186	188	189	193	198	202	204	208	211	212
Abendgewicht	075	180	293	305	335	370	525	500	430	610	640	650	634	688	6840	6875	7135
Differenzen	105	113	12	30	35	155	— 25	— 70	180	30	10	— 16	54	152	35	260	— 15
	tägliches Wachsthum: 31,5 (aus 17 Tagen)									Krankheit 13 Tage			tägliches Wachsthum: 50 (aus 10 Tagen)				

Lebenstage	213	214	218	223	224	225	226	233	238	243	244	259	290	357	358	359	360	366
Abendgewicht .	7120	190	200	165	190	307	363	400	415	540	570	7835	8225	8880	808	965	983	883
Differenzen . .	70	10	— 35	25	117	56	37	15	125	30	265	390	655	— 72	157	18	— 100	—
		tägliches Wachsthum: 15 (aus 47 Tagen)										t. Wachsthum 12,8 (31 Tage)	tägliches Wachsthum: 9,3 (aus 76 Tagen)					

Indem ich auf die Gewichtszunahme meines Kindes im dritten Abschnitt zurückkomme, will ich hier die Bedeutung der Kindswägungen überhaupt kurz besprechen.

Während man beim Erwachsenen aus bekannten Gründen davon abgekommen ist, von dem Körpergewicht allein auf die Ernährung zu schliessen, ist dies beim Säugling allgemein üblich insofern, als man Zunahme des Körpergewichts und Massenwachsthum für gleichbedeutend hält, unter letzterem aber die Gewichtsvermehrung durch neugebildete, normale Körpersubstanz versteht. — Die Differenz zwischen zwei zu verschiedenen Zeiten gefundenen Kindsgewichten ist vielmehr gleichzusetzen der Differenz zwischen der gesammten Zufuhr und Ausfuhr des Kindes in dieser Zeit, damit von vornherein klar wird, dass diese Zahl ausser von dem Wachsthum noch von vielen anderen Momenten abhängig ist. Darunter ist in erster Linie zu nennen die Füllung von Magen, Darm und Blase während der Wägung, deren Einfluss abgeschätzt werden kann, wenn die Menge der Zufuhren und Ausscheidungen bekannt ist.

Ein Kind z. B. im 5. bis 6. Monat verzehrt, bei Ernährung mit Kuhmilch, täglich ca. 1400, auf eine Mahlzeit aber 150—250^{g} Milch; es kann auf einmal ca. 70^{g} Urin und 50^{g} Koth entleeren. Bei möglichst regelmässiger Lebensweise dieses Kindes (wie sie in der Familie längere Zeit hindurch wohl nie hergestellt wird) könnte das Gewicht seines Eingeweideinhaltes, an verschiedenen Tagen jedesmal zur gleichen, passend gewählten Tageszeit bestimmt, recht wohl um etwa 150^{g} differiren, also um etwa ebensoviel, als sein Wachsthum in 10 Tagen beträgt. Dass nun bei solchen Kindern die Differenzen wöchentlicher Wägungen sehr verschieden ausfallen, aber auch keineswegs als „wöchentliche Anbildungen etc." bezeichnet werden dürfen, ist selbstverständlich.

Wägt man Kinder mit starkem Wachsthum und kleinen 24stündigen Zufuhren und Ausfuhren, also mit Muttermilch genährte Säuglinge in den ersten Monaten, so werden die Differenzen bei 10 bis 15tägigen Wägungen ohne grossen Fehler als Wachsthumszahlen betrachtet werden können, sofern ausser der wechselnden Füllung der Eingeweide keine weiteren Störungen zu berücksichtigen sind, worüber eine genaue Beobachtung der Kinder einigermassen Aufschluss giebt.

3. Gewicht der 24stündigen Nahrung und der Ausscheidungen.

Dasselbe wurde an 43 Versuchstagen ermittelt, und enthält Tabelle II theils die gefundenen Zahlen selbst (für die ersten 6 Lebenstage), theils Mittelwerthe, aus 3—5 auf einander folgenden Versuchstagen berechnet.

Tabelle II.

Lebenstage	mittleres Kindsgewicht	Nahrung (Muttermilch)			Ausscheidungen (24stündig)			
		24stündige Menge	eine Mahlzeit		Urin	Fäces	Perspiratio insensibilis	Verhältniss d. sensibeln zu d. insensibeln Ausscheidgn.
			durchschnittlich	Minimum und Maximum				
1	3280	10	10	10	48	51	98	50 : 50
2 erste Hälfte zweite Hälfte	3160	25 66,5 } 91,5	18,3	10 22	0 53 } 53	23 3 } 26	37 42 } 79	50 : 50
3	3110	247	35	21 48	172	betragen 0,001 des Körpergewichtes	85	67 : 33
4	3110	337	37	24 60	226,5		92	71 : 29
5	3124	288	58	22 76	181		96	66 : 34
6	3160	379,5	54	30 85	204		99	68 : 32
9, 10, 11 u. 12	3150	495	71	12 114	357		138	72 : 28
18, 19, 20, 21	3390	534	100	15 153	385		132,2	75 : 25
31, 32, 33	3670	555	97	38 135	398		126,9	76 : 24
46, 67, 68, 69	4410	651	108	30 155	447		154,7	75 : 25
105, 106, 107, 108, 112, 113	5200	749	134	55 230	517		225	70 : 30
161, 162, 163	6100	766	109	50 182	466		291,7	62 : 38
bei Kuhmilch und gemischter Kost:								
211, 212, 213, 223, 224, 225, 242, 243, 244, 445	7200	1345	207	110 240	819	53	371	70 : 30
357, 358, 359 [1])	8900	1563	—	—	968	102	459	—

1) Am 357.—359. Tag hatte das Kind gemischte Kost, nämlich 1528 g Kuhmilch und Fleisch, Brod und Apfel zusammen 35 g. An diesen Tagen wurde gewogen: 1) das Kind alle 12 Stunden; 2) der Koth; 3) die Nahrung für 12 Stunden. Hieraus konnte die Gesammtmenge der Ausscheidungen berechnet werden,

Die folgende Tabelle III enthält Verhältnisszahlen. Die Rubriken Zuwachs, Nahrung, Fäces sind berechnet nach den Tabellen I und II; die Rubriken Urin und Perspiratio insensibilis enthalten theoretische Zahlen. Ich berechnete nämlich aus den Verhältnisszahlen für Zuwachs, resp. Abgang, und für Nahrung die zugehörige Verhältnisszahl für die gesammte Ausscheidung, indem Nahrung = Gesammtausscheidung + Zuwachs; und unter Zugrundlegung des aus Tabelle II bekannten Verhältnisses zwischen sensibeln und insensibeln Ausscheidungen berechnete ich sodann die Verhältnisszahl für Perspir. insens. und für Urin. Diese theoretischen Zahlen sind etwas verschieden von denjenigen Zahlen, welche sich, für Perspir. insensibilis und Urin, aus Tabelle II hätten direct berechnen lassen, in dem Maasse nämlich, als das scheinbare tägliche Wachsthum des Kindes während der jeweiligen 3—5 Versuchstage, d. h. die mittlere Differenz der Abendgewichte an diesen Versuchstagen, von den aus Tabelle I bekannten wirklichen Wachsthumszahlen abweicht.

Tabelle III.

Lebenstage	Auf 1000 g Körpergewicht kommen 24stündig					Auf 1000 g Nahrung kommen (bei Muttermilch)				1 g Zuwachs erfordert Nahrung (Muttermilch)	
	Zuwachs	Muttermilch	Fäces	Urin	Perspir. insensib.	Zuwachs	Fäces	Urin	Perspir. insensib.	beim Kind	beim Kalb[1])
1	— 56	3,1	15	14,5	29,5	—	—	—	—	—	
2	— 23	29	8,6	17,6	26	—	—	—	—	—	
3	— 3,2	79		54	27,5	—	—	—	—	—	5
4	4,7	108		72	30	98		600	303		
5	3,8	92		57	30	98		600	303	10	
6	23	120		65	31	98		600	303		
9—12	7,3	157	1	107	42 Fieber	46		680	267	21,5	7
18—21	9,2	157		110	37	59	7	699	235	17,6	7,5
31—33	7,7	151		108	34	51		714	228	19,7	11
46 u. 67—69	5,5	148		105	37	37		715	241	27	11
105—113	3,5	144		98	42	24		686	283	40,9	—
161—163	3	125		75	46	23,6		608	361	42	—
bei Kuhmilch und gemischter Kost:											
211—245	2,1	187	7,5	122,5	55	11,1	40	652	297	89,3	—
357—359	1	176	11	112	52	6	66	630	298	176	—

ebenso die Menge der Perspir. insensibilis und des Urins, unter der Voraussetzung nämlich, dass sich sensible zu insensibeln Ausscheidungen verhalten = 70 : 30.

1) Die Angabe über das Wachsthum des Kalbes ist entnommen aus der „Physiologie des Kindesalters“ von K. Vierordt.

Von dem Inhalte der Tabelle II und III will ich Folgendes hervorheben:

a) Der Stoffwechsel des Kindes in den ersten Lebenstagen ist durch ungenügende Nahrung, durch Abnahme des Körpergewichtes und allmähliches Versiegen oder doch Schwächerwerden der Ausscheidungen charakterisirt als der eines Hungernden. Dieser Hungerzustand ist physiologisch begründet sowohl dadurch, dass die Muttermilch in dieser Zeit nicht in genügender Menge abgesondert wird, als auch dadurch, dass sich das Kind zum Saugen an der Mutterbrust, seiner ersten, verhältnissmässig bedeutenden Arbeit, erst dann bequemt, wenn es stark hungert. Es ist eine jedem Arzt bekannte Thatsache, dass Kinder schwer an die Brust zu bringen sind, wenn sie gleich nach der Geburt Zuckerwasser etc. bekommen. Noch schlimmer wirkt der in Schwaben übliche „Schlozer" — gestossener Zwieback und Zucker zu einem circa wallnussgrossen Klumpen in Leinwand eingebunden —, welcher auf dem Lande fast jedem Kind gleich nach der Geburt in den Mund gesteckt wird. Derselbe giebt meist zu Soorbildung in der Mundhöhle Veranlassung, und es ist diese Krankheit in manchen Gegenden auf dem Lande so verbreitet, dass ein Säugling mit sehr misstrauischen Augen angesehen wird, wenn er nicht rechtzeitig „das weisse Maul" bekommt. —

Ob ein Kind in den ersten Lebenstagen im Stande wäre, eine grössere, in den Magen gebrachte Menge Frauenmilch zu verdauen, ist eine bisher ungelöste Frage, die aber auch für die ärztliche Praxis von geringem Werth ist. Man hat bekanntlich den Versuch gemacht, Kinder einige Stunden nach der Geburt an die reichlich absondernde Brust von solchen Weibern zu legen, welche einige Tage zuvor geboren hatten. Der ungünstige Erfolg dieser Versuche beweist nichts, da versäumt wurde, die Menge der getrunkenen Milch (und der Ausscheidungen) zu wägen. Ich bezweifle, ob ein Kind am ersten Lebenstag ca. 200g Milch trinkt (so viel also, als nöthig wäre, um keinen Gewichtsverlust zu erleiden), auch wenn es von einer reichlich absondernden Brust trinkt.

b) Die Menge der von meinem Kinde getrunkenen Muttermilch ist in den ersten Monaten etwas geringer, in den

späteren Monaten ungefähr so gross, als gewöhnlich angegeben wird (Vierordt a. a. O.); sie ist demnach viel kleiner als die von Ahlfeldt für sein Kind gefundene (Ahlfeldt, über Ernährung des Säuglings an der Mutterbrust, Leipzig 1878). Die von meinem Kinde getrunkene Menge Kuhmilch stimmt sowohl mit der Angabe von Ahlfeldt, Kuhmilch betreffend, als auch mit der Menge, welche mein viertes Kind am Ende des 5. Monates getrunken hat (Correspondenzblatt des württemb. ärztlichen Vereins Nr. 11, 1876); auch stimmen diese drei Angaben wohl mit der Erfahrung der Aerzte überhaupt.

In den meisten Fällen wird also durch den Uebergang von Muttermilch zu Kuhmilch die Menge der Zufuhr und der Ausscheidungen sehr beträchtlich vermehrt — sowohl weil Kuhmilch viel schlechter verdaut wird als Muttermilch, als auch weil das Kind von der mühelos zu erlangenden Nahrung im Uebermaass trinkt —; vermehrt wird in entsprechender Weise auch die Menge des Eingeweideinhaltes und damit auch das Körpergewicht des Kindes. Diese Gewichtsvermehrung, welche bei meinem Kinde wegen des Durchfalls langsamer eintrat, als wohl sonst der Fall gewesen wäre, als gesteigertes Wachsthum zu deuten, ist vielfach üblich, aber unrichtig[1]).

c) Die Wachsthumszahlen meines Kindes stimmen, die Tage der Krankheit und die ersten 40 Tage nach dem Entwöhnen abgerechnet, ganz wohl mit den von Bouchand aufgestellten Durchschnittzahlen (Vierordt a. a. O.), dagegen stimmen sie nicht mit den von Ahlfeldt (a. a. O.) und von Fleischmann (über Ernährung und Körperwägungen der Neugeborenen und Säuglinge, Wien 1877) für einzelne Kinder gefundenen Wachsthumszahlen. Allerdings ist zu beachten, dass auch meine Wachsthumszahlen anders ausfallen, wenn ich sie, wie von beiden Letztgenannten geschehen ist, für gleiche Perioden, also wöchentliche oder 10 tägige,

1) Ohne Zweifel beruht auch die rapide Vermehrung des Körpergewichtes der Säuglinge nach Krankheiten zum grössten Theil nicht auf Gewebsneubildung, sondern theilweise auf Wiederfüllung der leeren Eingeweide, theilweise auf Resorption grosser Wassermengen von Seiten der durch Fieber oder Durchfall ausgetrockneten Gewebe.

berechne; sie werden alsdann regellos und, nach meiner Ansicht, unbrauchbar. — Das Endresultat ist bei Bouchand, Fleischmann und mir insofern dasselbe, als das Gewicht der Kinder am Ende des ersten Lebensjahres überall ca. 1000g kleiner ist als das 3fache des Gewichtes unmittelbar nach der Geburt. Die Verschiedenheit der erhaltenen Resultate ist ohne Schwierigkeit zu erklären, wenn man bedenkt, dass das Wachsthum der einzelnen Kinder nicht allein abhängt von einem allgemein giltigen Wachsthumsgesetz, sondern auch von der Menge und Beschaffenheit der Nahrung, welche unabhängig von dem Bedürfnisse der Kinder in den Einzelfällen sehr differirt.

Es scheint mir zweckmässig und in Uebereinstimmung mit der täglichen Erfahrung unter Berücksichtigung der Nahrung die drei folgenden Schemata für das Wachsthum der Kinder aufzustellen:

1. Die Kinder erhalten gar keine oder eine ungenügende Menge Frauenmilch (resp. solche von ungenügender Beschaffenheit); sie werden so lange im Wachsthum zurückbleiben, bis sie Kuhmilch oder sonstige künstliche Nahrung gut verdauen können, also häufig ihr erstes Halbjahr hindurch. Da nun solche Kinder gegen Ende des ersten Lebensjahres nicht selten das oben angegebene Normalgewicht erreichen, so kann ihr Wachsthum im zweiten Halbjahr über der Norm sein.

2. Die Kinder erhalten von Geburt an eine genügende, aber nicht überreichliche Menge Frauenmilch, so lange, bis sie Kuhmilch resp. gemischte Kost gut verdauen können. Mit Recht nimmt man an, dass in der Regel der Durchbruch der ersten Schneidezähne der passende Zeitpunkt für das Entwöhnen sei. — Im Allgemeinen wird man das geschilderte Verhältniss bei Kindern treffen, welche von ihren Müttern gestillt werden; ihr Wachsthum wird das ganze erste Lebensjahr hindurch normal sein.

3. Die Kinder erhalten eine überreichliche Menge Frauenmilch; ihr Wachsthum ist über der Norm, so lange sie gestillt werden. Da sie, nach den Erfahrungen Fleischmann's, am Ende des ersten Lebensjahres das normale Gewicht nicht überschreiten, ist ihr Wachsthum unter der Norm, wenn sie entwöhnt sind. Hierher gehören die meisten Ammenkinder. Es ist (analog den Erfahrungen

der Landwirthe) unzweifelhaft, dass die Milchsecretion der Frauen durch die für Ammen übliche überreichliche Nahrung verbunden mit dem Mangel an körperlicher Anstrengung gesteigert wird und durchschnittlich viel grösser sein muss als die Secretion der Frauen, welche während des Säugens ihre gewöhnliche Lebensweise beibehalten und ihren gewöhnlichen Berufsarbeiten nachkommen. —

d) Es ist beachtenswerth, dass sowohl das Kind von Ahlfeldt als das meinige (die einzigen bisher beobachteten Fälle) in gleichem Alter durch 1000g getrunkene Muttermilch annähernd das gleiche Massenwachsthum erfahren haben[1]), obwohl ihre Körpergewichte und ihre täglichen Milchmengen sehr verschieden waren. Bei Kälbern wird in den ersten 8 Wochen durch 1000g getrunkene Muttermilch ein weit stärkeres Massenwachsthum erzielt,

1) Obwohl Ahlfeldt die Differenzen der wöchentlich ermittelten Kindsgewichte für Wachsthumszahlen hält, sind seine Angaben doch meist brauchbar, weil die Lebensweise seines Kindes eine ganz ungewöhnlich geregelte war. Eine seiner Wachsthumszahlen aber ist sicherlich unrichtig, wie folgende Tabelle ergiebt:

Lebenswochen	14	15	16	17	18	19
wöchentliches Wachsthum nach Ahlfeldt . .	245	220	385	165	105	260
			Mittel = 218			
corrigirte Wachsthumszahlen	245	220	218	218	218	260

Die Wachsthumszahl der 16. Woche, 385g, übersteigt (unter 30 angegebenen wöchentlichen Wachsthumszahlen) die nächsthöchste, die der 4. Woche, um 105g; die mittlere wöchentliche Wachsthumszahl aber für die 12.—20. Woche um 160g. Die Höhe dieser Zahl, sowie die Kleinheit der folgenden rührt überdies von einer einzigen Kindswägung, der am Beginn der 17. Woche, her.

Legt man die corrigirten Wachsthumszahlen zu Grunde, so erhält man folgendes, durch 1000g getrunkene Muttermilch erzieltes Massenwachsthum:

Lebenswochen	4—8	8—12	12—16	16—20	20—24	24—28
Ahlfeldt	36,7	33,2	32,3	32,7	24,8	21
				Mittel = 28,7		
Camerer	44	37	30	24		—

als bei gleichaltrigen Kindern, obwohl 1000g Kind annähernd dieselbe Milchmenge täglich verzehrt wie 1000g Kalb. Demgemäss verwendet das Kind, gleiche Ausnützung der Nahrung vorausgesetzt, von der getrunkenen Milch weit mehr als das Kalb zur Erhaltung der bereits gebildeten Körperbestandtheile. Auch wenn man in Betracht zieht, dass kleinere Organismen überhaupt (unter sonst gleichen Umständen) einen verhältnissmässig stärkeren Stoffwechsel haben als grössere, wird man doch geneigt sein, der höheren Organisation des Kindes einen Antheil an dieser Intensität seines Stoffwechsels zuzuschreiben. Man nimmt allgemein an, dass der Stoffwechsel der Nervensubstanz ein lebhafter sei: Das Hirn beträgt beim neugeborenen Menschen 14,3% des gesammten Körpergewichtes, beim Kalb aber ca. 0,7% des Körpergewichtes.

4. Analysen der Muttermilch, der Kuhmilch, des Urins und der Fäces.

An fünf Tagen, nämlich am 130.—135. Lebenstage, wurden Proben von Muttermilch und von Urin gesammelt; von der Muttermilch etwa gleich grosse Mengen früh Morgens, etwa um 5 Uhr, Mittags und Abends gegen 9 Uhr; eben so oft unmittelbar vor als unmittelbar nach dem Säugen, so dass das Gesammelte die Gesammtmilch wohl repräsentiren kann. Die Milch aus der strotzend gefüllten Brust schien wässriger zu sein als die Milch aus der vom Kind ausgesaugten Brust; erstere wurde durch Druck auf die Brust entleert, letztere von mir mit Hilfe eines Glases ausgesaugt. Es zeigte sich hierbei, dass das Kind bei keiner Mahlzeit beide Brüste vollständig leer trank. Urin konnte ich nur bei Tag sammeln. Das Kind hatte während oder unmittelbar nach dem Säugen eine Urinentleerung; in den nächsten 1—1½ Stunden kamen 3—4 Entleerungen (eine ca. 20g gross); in den folgenden 1—1½ Stunden, bis zur nächsten Mahlzeit, hatte das Kind keine Entleerung.

Die Milch reagirte immer alkalisch, der Urin neutral oder ganz schwach sauer. Die Milch wurde sofort nach der Gewinnung, Urin aber sobald eine genügende Menge gesammelt war, in starken Glasröhren zum Kochen gebracht; die Röhren wurden während

des Kochens zugeschmolzen und sodann bei einer Temperatur von 2—3° C. aufbewahrt (über Eis).

Am 125.—135. Lebenstage wurden sämmtliche entleerte Fäces gesammelt und bei einer Temperatur von ca. 70° möglichst getrocknet, wobei sie dunkelbraun wurden. Unmittelbar nach der Entleerung waren sie gelb, ohne weisse Flocken und reagirten sauer.

Auf ähnliche Weise wurden am 204.—206. Tag Proben der Kuhmilch, des Urins und der Fäces gesammelt. Sämmtliche Proben wurden sofort nach Beendigung der Sammlung nach Tübingen geschickt; die ersten Proben waren auf der Reise (1½ Tage) der Sommerhitze ausgesetzt, die zweiten Proben waren bei kühler Herbstwitterung unterwegs. Die Analyse ergab folgende Resultate.

Tabelle IV.

Es enthalten 1000g

1) bei Muttermilchnahrung:

der Milch		des Urins (spec. Gewicht = 1,0015)		des Kothes	
Wasser . .	896,21	Fixa . .	3,5	Fixa . . .	167,2
Fixa . . .	103,79				
Eiweissstoffe	30,54 = 4,73 Stickstoff	Harnstoff .	3,034 = 1,415 Stickstoff	Stickstoff .	16,38
Milchzucker .	36,44		—		—
Fett . . .	35,48		—		—
Asche . . .	1,33		—		—

2) bei Kuhmilchnahrung:

		des Urins (spec. Gewicht = 1,0067)			
Wasser . .	893,60	Fixa . .	14,2	Fixa . . .	283,4
Fixa . . .	106,40				
Eiweissstoffe	39,97 = 6,19 Stickstoff	Harnstoff .	6,132 = 2,86 Stickstoff	Stickstoff .	12,65
Milchzucker .	45,85		—		—
Fett . . .	27,57		—		—

Am 130.—135. Tag kommen auf 1000g getrunkene Muttermilch 680 Urin, 7 Koth und 24 Zuwachs; am 204.—206. Tag

kommen auf 1000g getrunkene Kuhmilch 650 Urin, 40 Koth und 11 Zuwachs. In diesen Quantitäten ist enthalten Stickstoff wie folgt:

1) bei Muttermilch:

in der Nahrung	in den sensibeln Ausscheidungen		in 24g Zuwachs	durch Haut und Lunge wird ausgeschieden
4,73 = 30,54 Eiweiss	1,077		0,77 = 5 Eiweiss	2,88
	im Urin	in den Fäces		
	0,962 = 2,06 Harnstoff	0,115		

2) bei Kuhmilch:

			in 11g Zuwachs	
6,19 = 39,97 Eiweiss	2,365		0,36 = 2,3 Eiweiss	3,46
	im Urin	in der Fäces[1])		
	1,859 = 3,99 Harnstoff	0,506		

Das Kind hätte demnach am 130.—135. Tag dreimal so viel, am 204.—206. Tag doppelt so viel Urin entleeren müssen (unter sonst gleichen Umständen), um sämmtlichen Stickstoff der Zufuhr auszuscheiden, welcher nicht für Fäces und Zuwachs in Rechnung zu bringen ist. — In meiner Kuhmilch verhalten sich stickstoffhaltige zu stickstofffreien Substanzen = 1 : 1,8; in meiner Frauenmilch = 1 : 2,4; in der normalen Nahrung des Erwachsenen bekanntlich = 1 : 3,5. Dies Verhältniss hängt offenbar davon ab, ob (und in welchem Maasse) die Nahrung zum Wachsthum oder nur zur Erhaltung bereits gebildeter Körperbestandtheile verwandt wird.

5. Versuchsmethoden.

Die folgende Beschreibung, dazu bestimmt, die in den Tabellen II und IV mitgetheilten Resultate zu begründen, enthält zwar manche interessante Einzelheiten, auf welche ich in früheren Abschnitten der Kürze halber nicht eingegangen bin, wird aber im Wesentlichen keine weiteren Resultate bringen.

1) Bei den Kuhmilchfäces mag ein geringer Verlust an Stickstoff dadurch eingetreten sein, dass dieselben in Tübingen einige Zeit nicht vollständig getrocknet in einem unverkorkten Gefäss aufbewahrt wurden.

a) Kindswägungen. Ich benutzte zu denselben eine kleine Brückenwage, welche bei 2g Belastung einen eben merklichen, bei 5g Belastung einen deutlichen Ausschlag gab. Zu den anderen Wägungen benutzte ich Schalenwagen von verschiedener Feinheit.

Das Kind wurde selbstverständlich angekleidet und auf einem Polster liegend gewogen und das Gewicht der Kleider und des Polsters besonders ermittelt und in Abzug gebracht.

An den 43 Versuchstagen wurde das Kindsgewicht durch je zwei, sich controlirende, Kindswägungen ermittelt: bei der ersten befand sich das Kind in den Kleidern, welche es am vorhergehenden Tag (resp. Nacht) getragen hatte; bei der zweiten in den Kleidern, mit welchen es für die beginnende Nacht (resp. Tag) eben neu bekleidet worden war. In die Zeit zwischen beiden Wägungen (10—20 Minuten) fällt Morgens ein Bad, Abends eine Abwaschung des Kindes. Betrug die Differenz beider Kindsgewichte nicht mehr als 10g, so nahm ich als richtiges Gewicht das (arithmetische) Mittel aus beiden an; bei grösseren Differenzen war immer das zuerst gefundene Kindsgewicht das grössere und wurde auch als richtiges Gewicht betrachtet. Diese grossen Differenzen nämlich rührten (wie gewöhnlich bei der Abwaschung, aber nicht im Bade nachzuweisen war) von Urinentleerungen zwischen beiden Wägungen her und wurden demnach dem Urin der kommenden Nacht resp. des kommenden Tages zugerechnet.

b) Die Menge der genossenen Muttermilch wurde durch Wägen des Kindes vor und nach dem Säugen gefunden; für den Gewichtsverlust durch Perspir. insensibilis während des Säugens wurde die nöthige Correctur angebracht. Die getrunkene Kuhmilch wurde selbstverständlich direct gewogen.

c) Urin und Koth habe ich bei meinen früheren Versuchen (a. a. O.) nach zwei verschiedenen Methoden bestimmt. Bei der ersten lag das Versuchskind fast nackt auf einer Kautschukunterlage und ich sammelte Urin und Koth sofort nach jeder Entleerung. Die Gewichtsmenge des am Kind und dem Kautschuck hängen bleibenden Urins wurde durch Abtrocknen mit vorher gewogenem Filtrirpapier bestimmt.

Diese Methode ist aber für länger dauernde Beobachtung zu umständlich, und sie hatte mir früher keine anderen Resultate geliefert als die zweite einfachere. Bei dieser wird das Kind in Leinwandwindeln, Kautschuck und wollene Teppiche derart eingewickelt, dass eine Verdunstung des Wassers der Ausleerungen unmöglich ist, zumal da das Kind im Bett liegt und seine Umhüllung bei Tag längstens alle vier Stunden, bei Nacht aber längstens alle zehn Stunden gewechselt wird[1]). Dadurch, dass die Umhüllung unmittelbar vor dem Ankleiden und unmittelbar nach dem Auskleiden gewogen wird, ergiebt sich das Gewicht des Urins, resp. des Koths und Urins, welcher in der betreffenden Zeit entleert wird, ohne Weiteres.

Der Koth war bei Nahrung mit Muttermilch rein gelb, nur am 2. und 3. Lebenstag mit weissen Flocken durchsetzt, von Salbenconsistenz und konnte selten allein erhalten werden, sondern ich musste die beschmutzten Windeln mit einem Messer abschaben. Es blieb dabei in der Windel so viel Koth zurück, dass dieselbe eben noch gefärbt war, andererseits war dem Koth etwas Urin beigemischt, so dass sein Gewicht nicht vollkommen genau ist. Er wurde in den ersten Wochen 2—4 mal, später längere Zeit nur alle 2—3 Tage einmal und gegen Ende des Säugens, sowie gewöhnlich bei Ernährung mit Kuhmilch, täglich einmal entleert. Bei letzterer war seine Menge gross, er war viel fester und konnte fast immer allein erhalten werden.

d) Perspiratio insensibilis. Zwischen zwei Mahlzeiten wurde das Kind, ohne seine Umhüllung zu wechseln, 2—3 mal gewogen. Sein Gewichtsverlust war der Perspir. insens. gleichzu-

1) Um Gewissheit darüber zu erlangen, dass unter den angegebenen Verhältnissen ein Wasserverlust unmöglich ist, legte ich die ganze Umhüllung so zurecht, wie es vor dem Ankleiden des Kindes geschah, und benetzte die Windeln mit Wasser von 40° C. Hierauf hüllte ich das Ganze gerade so zusammen, wie wenn das Kind selbst darin gelegen wäre, konnte aber auch bei 6—8 stündiger Beobachtung nie einen Gewichtsverlust des Packes finden. In den ersten 6 Lebenstagen wurde das Kind nur zweimal, Morgens und Abends, umgekleidet, um die häufigen Wägungen zu vermeiden. Ich schreibe diesem Verfahren die Erkrankung des Kindes in den ersten Lebenstagen zu, sowohl die Excoriation als den (pyämischen) Abscess, und warne deshalb davor.

setzen, da eine Verdunstung des Wassers der Ausleerungen aus den Windeln auszuschliessen ist. Da nun die Persp. insens. an einem Versuchstag 15—18 Stunden lang direct ermittelt wurde, konnte sie für den ganzen Versuchstag berechnet werden, unter der, nicht immer richtigen, Voraussetzung, dass sie während des Restes des Tages verhältnissmässig gleich gross gewesen sei, wie während der Beobachtungszeit. Berechnet konnte sie aber auch werden dadurch, dass die 24stündige Menge der Nahrung, des Urins und Kothes, sowie die Differenz der alle 24 Stunden ermittelten Kindsgewichte bekannt war. Beide Werthe für die Persp. insens. mussten selbstverständlich für gewöhnlich etwas differiren; grosse Differenzen derselben würden, wenn sie nicht irgendwie aufgeklärt werden können, auf Wägungsfehler hinweisen.

Als bequemste Erläuterung der folgenden Tabelle V will ich die erste Hälfte des 3. Lebenstages ausführlich beschreiben: Am Beginn desselben, 3. April Abends 9 Uhr wiegt das Kind 3113g; am 4. April Morgens 7 Uhr 35 Minuten 3156g. Seine „Nacht" ist deshalb zu 10 St. 35 M. angegeben. Die Differenz beider Körpergewichte, D in der Tabelle, ist = 43. Das Kind wird an die Brust gelegt Abends 9 Uhr 50 Minuten und trinkt in 15 Minuten 48g Milch (abgesehen von dem Verlust durch Persp. insens., welcher nicht bei jeder Einzelmahlzeit, sondern für die ganze Nacht resp. Tag corrigirt wird). Es schläft von 10 Uhr 5 Minuten bis 1 Uhr 50 Minuten und verliert an Gewicht in dieser Zeit 15g. Um 1 Uhr 50 Min. wird es wieder an die Brust gelegt u. s. w. Aus der direct beobachteten Persp. insens. ergiebt sich für 10 St. 35 M. ein Verlust von 45g, in der Tabelle mit P′ bezeichnet; aus Nahrung, sensiblen Ausscheidungen und D wird ein Verlust von 46g für dieselbe Zeit berechnet, in der Tabelle mit P bezeichnet.

Tabelle V.

1. Muttermilchnahrung.

Lebenstage	Tageszeit und Dauer	Nahrung: Beginn und Dauer des Säugens		Nahrung: Milchmenge	beobachtete Persp. insensib.: Beginn und Dauer der Beobachtung		beobachtete Persp. insensib.: Gewichtsverlust	Urin und Fäces, Differenz, berechnete Persp. insensib.
1	Nacht							Mekon[1]) 36 Urin 13 } = 49
	Tag	1. 50	15	10				Mekon 15 Urin 35 } = 50
	ganzer Tag 23 St. 35 M.		15	10				Mekon 51 Urin 48 } = 99 D = —185 P[2]) = 96
2	Nacht 12 St.	8. 10 12. f. P. ins. in	25 20 45 Summe	10 12 3 25				Mekon 23 Urin 0 } = 23 D = —35 P = 37
	Tag 13 St. 25 M.	8. 15 2. 10 4. 5 f.P.ins.	45 25 1 St. 25 2 St. 35 Summe	15 22 20 9,5 66,5	9. 2. 35 5. 30 für	5 St. 10 1 St. 40 3 St. 10 10 St. — 1 St.	13 5 20 38 3,8	Urin 53 Fäces 3 } = 56 D = —37 P = 47,5 P' = 50,9
	ganzer Tag 25 St. 25 M.		3 St. 20	91,5				Mekon 23 Fäces 3 Urin 53 } = 79 D = —72 P = 84,5
3	Nacht 10 St. 35 M.	9. 50 1. 50 6. 40 f.P.ins.	15 20 40 1 St. 15 Summe	48 40 40 5 133	10. 5 2. 10 6. für	3 St. 45 4 St. 30 1 St. 35 9 St. 50 1 St.	15 20 6 41 4,3	Urin 42,5 Fäces 1,5 } = 44 D = 43 P = 46 P' = 45

1) Für 2. Tag sind die Fäces noch nicht ganz frei von Mekonium.

2) Wird P auf 6 gleiche, 24stündige Zeiträume berechnet, so erhält man:

Tage	1	2	3	4	5	6
P =	98	79	85	92	96	99

Lebenstage	Tageszeit und Dauer	Nahrung: Beginn und Dauer des Säugens		Nahrung: Milchmenge	beobachtete Persp. insensib.: Beginn und Dauer der Beobachtung		beobachtete Persp. insensib.: Gewichtsverlust	Urin, Fäces, Differenz, berechnete Persp. insensib.
3	Tag 12 St. 45 M.	8.	10	23	8. 10	5 St. 20	10	Urin 129,5 } = 131
		1. 30	15	21	1. 45	45	3	Fäces 1,5 }
		2. 30	25	37	5. 15	3 St. 5	19	D = — 53
		4. 55	20	29		9 St. 10	32	P = 36
		f.P.ins.	1 St. 10	4	für 1 St. —		3,5	P' = 44
			Summe	114				
	ganzer Tag 23 St. 20 M.		2 St. 25	247				Urin 172 } = 175; Fäces 3 }; D = — 10; P = 28
4	Nacht 10 St. 40 M.	8. 42	23	44				Urin 90 } = 91
		10. 5	40	33				Fäces 1 }
		12.		24				D = 0
		3.		27				P = 45
		f.P.ins. (geschätzt)		8				
			Summe	136				
	Tag 13 St. 30 M.	7. 45	30	60	8. 15	3 St. 20	20	Urin 136,5 } = 138
		11. 35	15	28	11. 50	40	2	Fäces 1,5 }
		12. 30	15	24	12. 45	3 St. 30	14	D = 15
		4. 15	30	48	4. 45	3 St. 15	7	P = 48
		6. 50	30	33		10 St. 45	43	P' = 54
		f.P.ins.	2 St. —	8	für 1 St. —		4	
			Summe	201				
	ganzer Tag 24 St. 10 M.		4 St.	337				Urin 226,5 } = 229; Fäces 2,5 }; D = 15; P = 93
5	Nacht 10 St. 35 M.	8. 50	20	22	9. 10	1 St. 10	0	Urin u. Fäces = 34
		11. 20	40	59	12.	7 St. 5	40	D = 7
		f.P.ins.	1 St. —	5		8 St. 15	40	P = 45
			Summe	86	für 1 St. —		4,8	P' = 51
	Tag 12 St. 25 M.	7. 30	20	54	7. 50	4 St. 45	15	Urin u. Fäces = 150
		12. 35	40	76	1. 15	2 St. 15	6	D = 5
		3. 30	35	66	4. 5	3 St. 25	20	P = 47
		f.P.ins.	1 St. 35	6		10 St. 25	41	P' = 51
			Summe	202	für 1 St. —		4	
	ganzer Tag 23 St.		2 St. 35	288				Urin u. Fäces = 184; D = 12; P = 92

Lebenstage	Tageszeit und Dauer	Nahrung: Beginn und Dauer des Säugens		Milchmenge	beobachtete Persp. insensib.: Beginn und Dauer der Beobachtung		Gewichtsverlust	Urin, Fäces, Differenz, berechnete Persp. insensib.
6	Nacht 13 St.	7. 50	35	57	9. 55	6 St. 5	26	Urin u.Fäces = 90
		9. 25	30	42	4. 45	3 St. 45	28	D = 19
		4.	45	62		9 St. 50	54	P = 62.5
		f.P.ins.	1 St. 50	10,5	für	1 St. —	5,5	P' = 71
		Summe		171,5				
	Tag 11 St. 10 M.	8. 50	20	48	9. 10	2 St. 20	3	Urin u. Koth = 117
		11. 30	20	40	11. 50	40	2	D = 53
		12. 30	10	30	12. 40	3 St. 40	13	P = 38
		4. 20	30	85	4. 50	2 St. 50	15	P' = 39
		f.P.ins.	1 St. 20	5		9 St. 30	33	
		Summe		208	für	1 St. —	3,5	
	ganzer Tag 24 St. 10 M.		3 St. 10	379,5				Urin u. Koth = 207 D = 72 P = 100,5
9	Tag 12 St. 50 M.	7. 30	55	97	8. 25	3 St. 35	13	Urin 207 } Fäces 2 } = 209
		12.		}114				D = — 46
		4. 35						P = 48
		Summe		211	für	1 St. —	3,7	P' = 47
10	Tag 14 St. 50 M.	7.	40	93	7. 40	5 St.	16	Urin 228 } Fäces 6 } = 234
		1. 15	30	88	1. 45	2 St. 20	6	D = 2
		4. 5	45	107		7 St. 20	22	P = 58
		f.P.ins.	1 St. 55	6	für	1 St. —	3	P' = 45
		Summe		294				
11	Nacht 10 St. 25 M.	9. 35	50	92				Urin = 130
		12. 30	1 St. 20	70				D = 5
		5. 15	30	48				P = 90
		f.P.ins.	2 St. 40	15				
		Summe		225				
	Tag 12 St. 25 M.	8. 10	40	60	8. 30	3 St. 45	12	Urin u.Fäces = 155
		12. 25	40	75	1. 5	1 St. 30	5	D = 38
		2. 30	15	45		5 St. 15	17	P = 35
		6.	15	41	für	1 St. —	3,3	P' = 41
		f.P.ins.	1 St. 50	7				
		Summe		228				
	ganzer Tag 22 St. 50 M.		4 St. 30	453				Urin u.Fäces = 285 D = 43 P = 125
12	Nacht 11 St.	8. 30	35	51	9. 5	1 St. 25	7	Urin 164 } Fäces 3 } = 167
		10. 30	15	56	10. 45	3 St. 35	30	
		2. 20	25	57	3. 20	3 St. 40	29	D = — 18
		2. 45	35	56		8 St. 40	66	P = 85,5
		f.P.ins.	1 St. 50	14,5	für	1 St. —	7,7	P' = 85
		Summe		234,5				

Lebenstage	Tageszeit und Dauer	Nahrung: Beginn und Dauer des Säugens		Milchmenge	beobachtete Persp. insensib.: Beginn und Dauer der Beobachtung		Gewichtsverlust	Urin, Fäces, Differenz, berechnete Persp. insensib.
	Tag 13 St. 40 M.	7. 30	1 St. 15	87	8. 45	3 St. 25	19	Urin 245 } = 248,5
		12. 10	1 St. 25	93	1. 35	2 St. 40	11	Fäces 3,5
		4. 15	50	85	5. 5	30	2	D = 20
		5. 45	15	12	6.	2 St.	5	P = 58,5
		8.	15	31	8. 15	30	1	P' = 57
12		f.P.ins.	4 St. —	19		9 St. 5	38	
			Summe	327	für	1 St. —	4,2	
	ganzer Tag 24 St. 40 M.		5 St. 50	561,5				Urin 409 } = 415,5 Fäces 6,5 D = 2 P = 144
	Tag 13 St. 25 M.	8.	1 St 45	32	9. 45	2 St. 15	10	Urin 242,5 } = 246
		12. 10	55	113	1. 5	4 St. 15	19	Fäces 3,5
18		5. 25	1 St. 5	125	6. 30	2 St. 30	10	D = —30
		f.P.ins.	3 St. 45	16		9 St. —	39	P = 70
			Summe	286	für	1 St. —	4,33	P' = 58
	Nacht 11 St. 10 M.	9.	1 St.	90	3. 5	3 St. 45	18	Urin 126 } = 128
		2. 30	35	86	für	1 St. —	4,8	Fäces 2
		f.P.ins.	1 St. 35	7				D = 0
			Summe	183				P = 55 P' = 53
	Tag 14 St. 35 M.	7. 15	40	118	7. 55	4 St. 35	18	Urin 269 } = 270
19		12. 45	1 St.	153	1. 45	3 St. 40	10	Fäces 1
		5. 30	1 St. 15	113	6. 45	2 St. 35	18	D = 40
		f.P.ins.	2 St. 55	12,7		10 St. 50	46	P = 86,7
			Summe	396,7	für	1 St. —	4,2	P' = 62
	ganzer Tag 25 St. 45 M.		4 St. 30	579,7				Urin 395 } = 398 Fäces 1 D = 40 P = 141,7
	Nacht 10 St. 10 M.	9. 45	1 St. 15	100	12. 30	3 St. 15	10	Urin 149 } = 151
		11.	1 St. 30	15	5. 45	1 St. 45	20	Fäces 2
		3. 45	2 St.	100		5 St. —	30	D = 20
		f.P.ins.	4 St. 45	30	für	1 St. —	6	P = 74
			Summe	245				P' = 61
	Tag 12 St. 40 M.	8.	30	70	8. 30	3 St. 15	22	Urin = 216
20		12.	1 St. 20	100	1. 20	3 St. 55	15	D = —5
		5. 25	45	103	6. 10	2 St. 5	8	P = 74
		f.P.ins.	2 St. 35	12		9 St. 15	45	P' = 62
			Summe	285	für	1 St. —	4,9	
	ganzer Tag 22 St. 50 M.		7 St. 20	530				Urin 365 } = 367 Fäces 2 D = 15 P = 148

Lebenstage	Tageszeit und Dauer	Nahrung: Beginn und Dauer des Säugens		Nahrung: Milchmenge	beobachtete Persp. insensib.: Beginn und Dauer der Beobachtung		beobachtete Persp. insensib.: Gewichtsverlust	Urin, Fäces, Differenz, berechnete Persp. insensib.
21	Nacht 11 St. 5 M.	8. 35 3. 10 f.P.ins.	1 St. 10 35 1 St. 45 Summe	138 60 8 206	9. 45 3. 45 für	5 St. 25 3 St. 35 9 St. — 1 St. —	20 20 40 4,4	Urin u. Fäces = 154 D = 15 P = 37 P' = 48
31	Nacht 10 St. 40 M.	9. 15 3. 30 f.P.ins.	45 25 1 St. 10 Summe	50 68 1,6 119,6	10. 3. 55 für	5 St. 30 3 St. 20 8 St. 50 1 St. —	22 10 32 3,6	Urin 108,5 } = 110 Fäces 1,5 } D = —30 P = 39,6 P' = 38
	Tag 13 St.	7. 12. 40 4. 40 f.P.ins.	1 St. 15 1 St. 1 St. 3 St. 15 Summe	101 120 110 21 352				Urin 239 } = 240 Fäces 1 } D = 10 P = 102
	ganzer Tag 23 St. 40 M.		4 St. 25	471,6				Urin 347,5 } = 350 Fäces 2,5 } D = —20 P = 141,6
32	Nacht 10 St. 50 M.	8. 35 3. f.P.ins.	55 1 St. 1 St. 55 Summe	110 112 7 229	9. 30 4. für	5 St. 30 3 St. 5 8 St. 35 1 St. —	22 10 32 3,8	Urin 168,5 } = 170 Fäces 1,5 } D = 5 P = 54 P' = 42
	Tag 14 St.	7. 30 12. 20 4. 30 8. 15 f.P.ins.	1 St. 35 1 St. 10 2 St. 30 5 St. 15 Summe	95 125 59 40 27 346	6. 27 für	1 St. 48 1 St. —	10 5,5	Urin 256 } = 257 Fäces 1 } D = 25 P = 64 P' = 77
	ganzer Tag 24 St. 50 M.		7 St. 10	575				Urin 424,5 } = 427 Fäces 2,5 } D = 30 P = 118
33	Nacht 10 St. 15 M.	9. 20 3. f.P.ins.	1 St. 5 1 St. 30 2 St. 35 Summe	38 130 11 179	10. 25 4. 30 für	4 St. 35 3 St. 7 St. 35 1 St. —	18 15 33 4,4	Urin 122,8 } = 124 Fäces 1,2 } D = 10 P = 45 P' = 45,1
	Tag 13 St. 25 M.	7. 45 11. 50 4. 55 8. f.P.ins.	30 50 35 30 2 St. 25 Summe	112 135 110 70 14 441	8. 15 12. 40 5. 30 für	3 St. 30 4 St. 10 2 St. 30 10 St. 10 1 St. —	20 25 10 55 5,4	Urin u. Fäces = 305 D = 60 P = 76 P' = 72,4

Lebenstage	Tageszeit und Dauer	Nahrung: Beginn und Dauer des Säugens		Milchmenge	beobachtete Persp. insensib.: Beginn und Dauer der Beobachtung		Gewichtsverlust	Urin, Fäces, Differenz, berechnete Persp. insensib.
33	ganzer Tag 23 St. 40 M		5 St.	620				Urin u. Fäces = 429
								D = 70
								P = 121
46	Nacht 10 St. 45 M.	9. 20	1 St. 35	66	10. 55	6 St. 25	20	Urin = 102
		5. 20	20	109				D = 44
		f.P.ins.	1 St. 55	6	für	1 St. —	3,1	P = 35
		Summe		181				P' = 33
	Tag 13 St. 30 M.	8. 15	45	140	9.	3 St.	10	Fäces u. Urin = 335
		12. 15	1 St. 5	140	7. 30	1 St. 50	18	D = 20
		4. 25	35	110	1. 20	3 St.	40	P = 133
		6. 45	45	72	5.	1 St. 45	14	P' = 116
		f.P.ins.	3 St. 10	26		9 St. 35	82	
		Summe		488	für	1 St. —	8,6	
	ganzer Tag 24 St. 15 M.		5 St. 5	669				Urin u. Fäces = 437
								D = 64
								P = 168
67	Nacht 10 St. 40 M.	8. 30	45	70	9. 15	7 St. 45	20	Urin = 108
		5.	20	117	5. 20	1 St. 50	5	D = 54
		f.P.ins.	1 St. 5	2,8		9 St. 35	25	P = 27,8
		Summe		189,8	für	1 St. —	2,6	P' = 27,8
	Tag 12 St. 45 M.	7. 30	1 St.	138	8. 30	3 St. 45	14	Urin = 330
		12. 30	25	105	12. 55	1 St. 30	15	D = 21
		2. 25	1 St. 20	90	4.	1 St. 15	10	P = 93
		3. 15	55	85	6. 10	1 St. 40	20	P' = 91,5
		f.P.ins.	3 St. 40	26		8 St. 10	59	.
		Summe		444	für	1 St. —	7,2	
	ganzer Tag 23 St. 25 M.		4 St. 45	633,8				Urin = 438
								D = 75
								P = 120,8
68	Nacht 12 St. 10 M.	7. 55	1 St. 5	55	9.	9 St.	55	Urin 139,5 } = 146
		6.	15	138	6. 15	1 St. 50	8	Fäces 6,5 }
		f.P.ins.	1 St. 20	8		10 St. 50	63	D = —15
		Summe		201	für	1 St. —	5,8	P = 70
								P' = 71
	Tag 11 St. 25 M.	8. 25	35	113	9.	1 St. 35	5	Urin = 341
		10. 35	30	55	11.	1 St. 25	5	D = —25
		12. 30	45	70	1. 15	2 St. 15	25	P = 86
		3. 30	1 St.	110	4. 30	45	15	P' = 88.
		5. 25	20	30	5. 45	1 St. 45	25	
		f.P.ins.	3 St. 10	24		7 St. 45	75	
		Summe		402	für	1 St. —	7,7	
	ganzer Tag 23 St. 35 M.		4 St. 30	603				Urin 480,5 } = 487
								Fäces 6,5 }
								D = — 40
								P = 156

Lebenstage	Tageszeit und Dauer	Nahrung: Beginn und Dauer des Säugens		Milchmenge	beobachtete Persp. insensib.: Beginn und Dauer der Beobachtung		Gewichtsverlust	Urin, Fäces, Differenz, berechnete Persp. insensib.
69 [1]	Nacht 12 St. 40 M.	7. 40	1 St.	100	8. 40	8 St. 55	45	Urin 132, Fäces 3 } = 135
		5. 35	35	150	6. 10	2 St.	7	D = 63
		f.P.ins.	1 St. 35	7		10 St. 55	52	P = 59
		Summe		257	für	1 St. —	4,8	P' = 60,5
	Tag 11 St. 5 M.	8. 25	35	138	9.	2 St.	15	Urin = 312
		11. 45	55	155	5. 30	1 St. 45	15	D = 14
		3. 30	2 St.	120		3 St. 45	30	P = 115
		f.P.ins.	3 St. 30	28	für	1 St. —	8,1	P' = 90
		Summe		441				
	ganzer Tag 23 St. 45 M.		5 St. 5	698				Urin 444, Fäces 3 } = 447
								D = 77
								P = 174
105	Nacht 12 St. 20 M.	7. 25	1 St. 25	120	8. 50	5 St. 10	40	Urin = 182
		2.	30	150	2. 30	5 St. 5	45	D = —7
		f.P.ins.	1 St. 55	16		10 St. 15	85	P = 111
		Summe		286	für	1 St. —	8,3	P' = 103
	Tag 11 St. 40 M.	7. 50	35	165	8. 25	2 St. 15	35	Urin = 370
		10. 45	35	82	11. 20	2 St.	42	D = —33
		1. 30	15	65	1. 45	2 St. 45	14	P = 136
		4. 35	30	135	5. 5	2 St. 10	30	P' = 154
		f.P.ins.	1 St. 55	26		9 St. 10	121	
		Summe		473	für	1 St. —	13,2	
	ganzer Tag 24 St.		3 St. 50	759				Urin = 552
								D = —40
								P = 247
106 [2]	Nacht 12 St. 25 M.	7. 20	1 St. 35	120	8. 55	7 St. 55	47	Urin = 161
		4. 50	30	202	5. 20	2 St. 20	19	D = 96
		f.P.ins.	2 St. 5	13		10 St. 15	66	P = 78
		Summe		335	für	1 St. —	6,4	P' = 80
107	Nacht 11 St. 15 M.	7. 25	1 St. 15	95	8. 40	4 St. 30	35	Urin 232,8, Fäces 7,2 } = 240
		1. 12	1 St. 15	182	2. 25	4 St. 15	30	D = —26
		f.P.ins.	2 St. 30	18,5		8 St. 45	65	P = 81,5
		Summe		295,5	für	1 St.	7,4	P' = 83

1) Am 69. Tag lag das Kind bei grosser Hitze mehrere Stunden nackt im Bett; in dieser Zeit wurde Persp. insensib. nicht direct beobachtet.

2) Am Tag, welcher fehlt, fand keine Entleerung von Fäces statt.

Lebenstage	Tageszeit und Dauer	Nahrung: Beginn und Dauer des Säugens		Milchmenge	beobachtete Persp. insensib.: Beginn und Dauer der Beobachtung		Gewichtsverlust	Urin, Fäces, Differenz, berechnete Persp. insensib.
	Tag 12 St.	6. 55	35	135	7. 30	3 St. 5	30	Urin 278 }
		10. 50	50	120	11. 40	2 St. 35	30	Fäces 5 } = 283
		2. 30	45	140	3. 15	3 St. 15	55	D = —23,5
		f.P.ins.	2 St. 10	28		8 St. 55	115	P = 163,5
107			Summe	423	für	1 St. —	12,9	P' = 155
	ganzer Tag 23 St. 15 M.		4 St. 40	718,5				Urin 510,8 } Fäces 12,2 } = 523 D = —49,5 P = 245
	Nacht 13 St. 5 M.	6. 40	50	110	7. 30	10 St.	50	Urin = 150
		5. 30	30	230				D = 130
		f.P.ins.	1 St. 20	6	für	1 St. —	5	P = 66
			Summe	346				P' = 66
	Tag 10 St. 45 M.	8.	50	120	8. 50	3 St. 5	33	Urin 346 }
		12.	45	147	12. 45	2 St. 15	30	Fäces 5 } = 351
108		3. 20	1 St. 5	80	4. 25	2 St. 5	25	D = —97
		f.P.ins.	2 St. 40	32		7 St. 25	88	P = 125
			Summe	379	für	1 St. —	11,9	P' = 127
	ganzer Tag 23 St. 50 M.		4 St.	725				Urin 496 } Fäces 5 } = 501 D = 33 P = 191
	Nacht 12 St. 35 M.	7. 15	2 St.	162	9. 15	7 St. 40	52	Urin = 206
		4. 55	85	172				D = 57
		f.P.ins.	2 St. 35	17	für	1 St. —	6,7	P = 88
			Summe	351				P' = 87
	Tag 10 St. 35 M.	8.	30	105	8. 30	1 St. 15	5	Urin = 320
112 1)		9. 45	15	55	10.	2 St. 20	27	D = —43
		12. 30	55	131	1. 25	1 St 40	7	P = 132
		3. 52	38	99	5. 10	1 St. 15	15	P' = 88
		f.P.ins.	2 St. 18	19		6 St. 30	54	
			Summe	409	für	1 St. —	8,3	
	ganzer Tag 23 St. 10 M.		4 St. 53	760				Urin = 526 D = 14 P = 220
	Nacht 12 St. 35 M.	6. 35	55	87	7. 30	6 St. 30	45	Urin = 175
		2.	15	137	2. 15	2 St. 5	10	D = 63
113		4. 20	25	83		8 St. 35	55	P = 79
		f.P.ins.	1 St. 35	10	für	1 St. —	6,5	P' = 81
			Summe	317				

1) Am 112. Tag lag das Kind mehrere Stunden nackt, während welcher P nicht direct beobachtet wurde.

Lebenstage	Tageszeit und Dauer	Nahrung: Beginn und Dauer des Säugens		Milchmenge	beobachtete Persp. insensib.: Beginn und Dauer der Beobachtung		Gewichtsverlust	Urin, Fäces, Differenz, berechnete Persp. insensib.
113	Tag 12 St. 15 M.	7. 10	45	145	7. 55	1 St. 50	28	Urin 355 } = 357
		11. 45	45	145	9. 55	1 St. 50	20	Fäces 2 }
		2. 15	30	60	12. 30	1 St. 30	10	D = —55
		4. 40	20	70	2. 45	1 St. 55	30	P = 147
		f.P.ins.	2 St. 20	29	5. 45	1 St. 30	16	P' = 145
		Summe		449		8 St. 35	104	
					für 1 St. —		12,2	
	ganzer Tag 24 St. 50 M.		3 St. 55	766				Urin 530 } = 532
								Fäces 2 }
								D = 8
								P = 226
161	Nacht 13 St. 15 M.	6. 25	1 St. 15	137	7. 40	3 St. 45	18	Urin = 185
		11. 25	20	96	11. 45	2 St. 40	28	D = 92
		2. 25	15	80	2. 40	3 St. 45	53	P = 134
		6. 25	25	75	6. 50	50	12	P' = 134
		f.P.ins.	2 St. 15	23		11 St. —	111	
		Summe		411	für 1 St. —		10,1	
	Tag 11 St. 50 M.	8. 5	1 St.	85	9. 5	3 St. 5	45	Urin = 247
		12. 20	40	70	1.	2 St.	25	D = —28
		3. 10	40	65	3. 50	1 St. 25	10	P = 147
		5. 15	1 St.	105	6. 15	1 St. 15	15	P' = 147
		f.P.ins.	3 St. 20	41		7 St. 45	95	
		Summe		366	für 1 St. —		12,3	
	ganzer Tag 25 St. 5 M.		5 St. 35	777				Urin = 432
								D = 64
								P = 281
162	Nacht 12 St. 15 M.	7. 40	25	80	8. 5	2 St. 25	18	Urin u. Fäces = 218
		10. 30	1 St.	50	5. 15	2 St. 30	40	D = —24
		11. 30	5 St.	15		4 St. 55	58	P = 136
		4. 45	30	103	für 1 St. —		11,6	P' = 142
		f.P.ins.	7 St. 10	82				
		Summe		330				
	Tag 11 St. 40 M.	8.	50	100	8. 50	3 St. 20	40	Urin = 264
		12. 20	1 St. 35	165	1. 55	2 St. 55	20	D = 39
		5. 5	30	120	5. 35	1 St. 50	10	P = 107
		f.P.ins.	2 St. 55	25		8 St. 5	70	P' = 98
		Summe		410	für 1 St. —		8,6	
	ganzer Tag 23 St. 55 M.			740				Urin u. Fäces = 482
								D = 15
								P = 243
163	Nacht 11 St. 35 M.	7. 30	1 St. 20	85	8. 50	3 St. 35	20	Urin u. Fäces = 208
		12. 25	40	95	1. 5	3 St. 55	29	D = 50
		5.	25	169	5. 25	1 St. 35	37	P = 114
		f.P.ins.	2 St. 25	23		9 St. 5	86	P' = 109
		Summe		372	für 1 St. —		9,4	

Lebenstage	Tageszeit und Dauer	Nahrung: Beginn und Dauer des Säugens		Milchmenge	beobachtete Persp. insensib.: Beginn und Dauer der Beobachtung		Gewichtsverlust	Urin, Fäces, Differenz, berechnete Persp. insensib.
163	Tag 11 St. 45 M.	7. 20	45	68	8. 5	3 St. 20	40	Urin = 293
		11. 30	1 St. 30	182	1.	1 St. 35	50	D = —121
		2. 40	1 St.	95	3. 40	3 St. 5	67	P = 237
		f.P.ins.	3 St. 15	64		8 St. —	157	P' = 230
			Summe	409	für	1 St. —	19,6	
	ganzer Tag 23 St. 20 M.		5 St. 40	781				Urin u. Fäces = 501 D = — 71 P = 351

2. Kuhmilchnahrung.

Lebenstage	Tageszeit und Dauer	Nahrung: Zeit und Quantum der Mahlzeit		beobachtete Persp. insensib.: Beginn und Dauer der Beobachtung		Gewichtsverlust	Urin, Fäces, Differenz, berechnete Persp. insensib.
211	Nacht 13 St. 30 M.	9.	Kuhmilch 375				Urin 366, Fäces 39 = 405
		12.	Zucker 3				D = — 70
		5.	Wasser 80				P = 123
			Summe 458				
	Tag 10 St.	8. 15	Kuhmilch 226	8.	3 St. 50	94	Urin 370, Fäces 7 = 377
		11. 15	„ 223	12. 7	5 St. 50	92	D = 330
		2.	„ 237		9 St. 40	186	P = 192
		4. 45	„ 213				P' = 192
			Summe 899				
	ganzer Tag 23 St. 30 M.		1357				Urin 736, Fäces 46 = 782 D = 260 P = 315
212	Nacht 13 St. 25 M.	3 Mahlzeiten	Kuhmilch 652				Urin 493, Fäces 17 = 510 D = — 70 P = 212
	Tag 10 St. 40 M.	8.	Kuhmilch 194	7. 45	5 St. 15	24	Urin 497, Fäces 30 = 527
		11.	„ 110	1. 10	4 St. 50	119	D = 55
		12.	„ 198		10 St. 5	143	P = 151
		3.	„ 231				P' = 153
			Summe 733				
	ganzer Tag 24 St. 5 M.		1385				Urin 990, Fäces 47 = 1037 D = — 15 P = 363

Lebenstage	Tageszeit und Dauer	Nahrung: Zeit und Quantum der Mahlzeit		beobachtete Persp. insensib.: Beginn und Dauer der Beobachtung		Gewichtsverlust	Urin, Fäces, Differenz, berechnete Persp. insensib.
213	Nacht 13 St. 55 M.	3 Mahlzeiten Kuhmilch 788					Urin 443 } Fäces 50 } = 493 D = 40 P = 255
	Tag 9 St. 10 M.	8. 5 12. 3.	Kuhmilch 185 „ 240 „ 238 Summe 663	8. 5 12. 25	4 St. 10 4 St. 45 8 St. 55 für 1 St. —	99 93 192 21	Urin 406 } Fäces 16 } = 422 D = 30 P = 211 P′ = 193
	ganzer Tag 23 St. 5 M.	1451					Urin 849 } Fäces 66 } = 915 D = 70 P = 466
223	Nacht 13 St. 15 M.	3 Mahlzeiten Kuhmilch 592					Urin 334 } Fäces 33 } = 367 D = 78 P = 147
	Tag 9 St. 20 M.	8. 12. 3. 30	Kuhmilch 228 „ 233 „ 193 Summe 654	8. 30 2. 50	6 St. 15 2 St. 35 8 St. 50 für 1 St. —	116 41 157 17,8	Urin 432 } Fäces 13 } = 445 D = 49 P = 160 P′ = 166
	ganzer Tag 22 St. 35 M.	1246					Urin 766 } Fäces 46 } = 812 D = 127 P = 307
224	Nacht 14 St. 20 M.	3 Mahlzeiten Kuhmilch 654					Urin 415 } Fäces 35 } = 450 D = — 13 P = 217
	Tag 10 St. 15 M.	8 11. 1. 4.	Kuhmilch 217 „ 207 „ 150 „ 182 Summe 756	7. 55 12. 5 3. 15	4 St. 5 3 St. 5 2 St. 45 9 St. 55 für 1 St. —	84 75 87 246 24,8	Urin 431 } Fäces 5 } = 436 D = 69 P = 251 P′ = 254
	ganzer Tag 24 St 35 M.	1410					Urin 846 } Fäces 40 } = 886 D = 56 P = 468
225	Nacht 13 St. 15 M.	3 Mahlzeiten Kuhmilch 395					Urin 317 } Fäces 46 } = 363 D = — 91 P = 123

Lebenstage	242		243		244		245	
	Nacht	Tag	N	T	N	T	N	T
Kuhmilch	—	588	735	637	877	640	715	—
D	—	— 6	— 10	40	— 20	90	— 35	—
gesammte Ausscheidung	—	594	745	597	897	550	750	—

3. Gemischte Kost.

Lebenstage	357		358		359	
	N	T	N	T	N	T
Nahrung . .	Milch 863	Milch 627 Brod 26 Braten 30 Summe 683	Milch 820	Milch 920 Braten 15 Apfel 18 Summe 953	Milch 660	Milch 695 Braten 15 Summe 710
D	10	— 82	12	145	— 54	72
gesammte Ausscheidung . .	853	765	808	808	714	638
Koth	88	44	45	30	89	—

Ueber Urinentleerungen ist zu bemerken: Am 222. Tag wurden auf einmal 78g entleert, am 242. Tag 65g mit einem specifischen Gewicht von 1,011.

Ueber Kothentleerung: Am 114.—135. Tag (Muttermilchnahrung) wurde sämmtlicher Koth gesammelt. Seine Menge betrug 119,8g, also im Tag durchschnittlich 5,7g. Die Zahl der Entleerungen betrug im Ganzen 15; eine Entleerung wog durchschnittlich 8g, das beobachtete Minimum und Maximum war 1g und 22g.

Herr Dr. Hartmann giebt folgende Beschreibung seines Verfahrens:

I. Analyse der Stoffe bei Muttermilchnahrung.

(Die Proben wurden sofort nach der Ankunft analysirt.)

a) Milch.

Der Inhalt der einzelnen Röhren wurde zuerst für sich einigen allgemeinen Vorproben unterzogen und erst gesammelt, nachdem sich eine gleichmässig gute Beschaffenheit ergeben hatte. Die Milch war noch leichtflüssig, reagirte ganz schwach sauer, sie war nur wenig süss und hatte einen bitterlichen Beigeschmack.

1. Gesammtrückstand und Wasser. 16,8655g Milch ergaben beim Eindampfen in einer Platinschale und nach dem Trocknen bei 100—110° einen Gesammtrückstand von 1,750g; für 1000 Theile = 896,21g Wasser und 103,79 Fixa.

2. Eiweissstoffe. a) 12,4703g Milch ergaben nach Hoppe-Seyler[1])

1) Hoppe-Seyler, Handbuch der physiol. und pathol. chemischen Analyse 4. Aufl. 1875 § 274.

mit kaltem Alkohol gefällt, filtrirt, der Niederschlag mit Alkohol und Aether gewaschen, auf gewogenem Filter gesammelt und dann bei 100° getrocknet einen Niederschlag von 0,0865g = 6,93 Eiweiss (Caseïn) für 1000 Theile Milch.

b) Da die Bestimmung des Albumins nach Hoppe-Seyler (mit $MgSO_4$) nicht gelang, so wurde das gesammte Filtrat von der vorhergehenden Bestimmung 2. a) zur Trockne eingedampft und nach der Dumas'schen Methode dessen Stickstoffgehalt bestimmt, um daraus auf den Eiweissgehalt zu schliessen. — Das Filtrat von den 12,4703g Milch lieferte 1,148g Trockenrückstand; 0,333g des Rückstandes gaben mit Kupferoxyd unter Vorlegung von Kupferspiralen im Kohlensäurestrom verbrannt 11,8ccm Stickstoff bei einer Temperatur von 9° und 710mm Barometerstand = 3,978 % Stickstoff. Unter der Voraussetzung eines Stickstoffgehaltes der Eiweisskörper von 15,5 % im Mittel entspricht dies einem weiteren Gehalt der Milch an Eiweiss von 23,61g für 1000 Theile.

Die unter a) und b) erhaltenen Eiweissmengen addirt geben somit einen Gesammt-Eiweissgehalt der Milch von 30,54g für 1000 Theile Milch.

3. Milchzucker. Aus 15,229g Milch wurden durch Behandlung nach Hoppe-Seyler[1]) erhalten: 50ccm verdünnte Milchflüssigkeit, von der 6,62ccm (im Mittel) verbraucht wurden, um 10ccm Fehling'sche Lösung zu fällen. (NB. Die Fehling'sche Lösung war nicht ganz normal und durch einen Controlversuch mit reiner Milchzuckerlösung von bekanntem Gehalt festgestellt, dass 10ccm 0,0734g Milchzucker entsprechen, statt 0,067.) Mit Rücksicht darauf ergiebt sich ein Gehalt der Milch an Zucker von 36,44g für 1000 Theile.

4. Asche. 16,8655g Milch gaben 0,0225g Asche = 1,33 für 1000 Theile.

5. Fett. Dasselbe wurde nicht direct bestimmt; durch Abzug aller bestimmten festen Bestandtheile vom Gesammt-Trockenrückstand ergiebt sich dafür 35,48g für 1000 Theile.

b) Harn.

Derselbe reagirte schwach sauer. Eine geringe Trübung, die von mechanischer Verunreinigung (beim Sammeln des Urins) herrührte, wurde durch Filtriren beseitigt. Der Harn zeigte so ein specifisches Gewicht von 1,0015.

Nach der Trapp'schen Formel ergiebt dies einen Gehalt an festen Stoffen von 3 Theilen auf 1000 Harn, nach Neubauer von 3,49 Theilen, während durch den directen Versuch aus 25ccm Harn 0,100g fester Rückstand erhalten wurde = 4 Theile pro 1000 Harn.

Stickstoffgehalt des Harns. Derselbe wurde durch eine Harnstoffbestimmung nach der Methode von Hüfner[2]) mit unterbromigsaurem Natron bestimmt, unter Berücksichtigung der von Hüfner neuerdings[3]) für seine Methode angegebenen Correction. 4,893ccm Harn ergaben 6,05ccm Stickstoff bei einer Temperatur von 21° und 731mm Barometerstand. Dies ergiebt einen Gehalt an Harnstoff von 3,034g für 1000 Theile Harn und von 1,415g Stickstoff für dieselbe Menge Harn.

---

1) Hoppe-Seyler a. a. O. § 270 und § 274.
2) Journal für prakt. Chemie Neue Folge III, 1 ff.
3) Zeitschrift für physiol. Chemie Bd. I S. 350.

c) Fäces.

Von diesen wurden zwei Portionen gesondert untersucht; beide waren unvollständig getrocknet[1]).

1. Portion Wasserbestimmung. 2,0693 g verloren bei circa 110° bis zu constantem Gewicht getrocknet 0,3048 g Wasser = 14,73 %.

Stickstoffbestimmung. 0,897 g der getrockneten Substanz gaben im Kohlensäurestrom mit Kupferoxyd und vorgelegten Kupferspiralen verbrannt 63,85 ccm Stickstoff bei der Temperatur von 8,2° und dem Barometerstand von 711,5 mm = 8,2 % Stickstoff.

2. Portion Wasserbestimmung. 1,209 g verloren unter denselben Verhältnissen wie oben 0,200 g Wasser = 16,54 %.

Stickstoffbestimmung. 0,7140 g der trockenen Substanz lieferten in gleicher Weise wie oben verbrannt 72,5 ccm Stickstoff bei einer Temperatur von 11° und 716 mm Barometerstand = 11,39 % Stickstoff.

II. Analyse der Stoffe bei Kuhmilchnahrung.

(Die Glasröhren wurden erst längere Zeit nach dem Eintreffen in Tübingen geöffnet, jedoch unmittelbar vor der Analyse. Die Milch reagirte alkalisch und hatte keinen abnormen Geschmack.)

a) Milch.

1. Gesammtrückstand und Wasser. 5 ccm Milch = 5,018 g wurden in einer Platinschale mit reinem Sand eingedampft und dann bei 100—110° getrocknet. Der Rückstand betrug 0,534 g = 106,40 g fester Rückstand und 893,60 g Wasser auf 1000 g Milch.

2. Eiweissstoffe. a) Caseïn. 20 ccm Milch wurden mit 400 ccm Wasser verdünnt, mit schwacher Essigsäure gefällt und eine halbe Stunde Kohlensäure eingeleitet. Nach halbtägigem Stehen wurde der Niederschlag auf gewogenem Filter gesammelt, mit Alkohol und Aether gewaschen, schliesslich bei 100° getrocknet und dann gewogen. Es ergaben sich 0,744 g Caseïn = 37,20 g auf 1000 Theile Milch.

b) Rest der Eiweissstoffe (Albumin und Lactoproteïn). Da nach Leo Liebermann[2]) die Eiweissstoffe aus dem Caseïnfiltrat nur durch essigsaure Tanninlösung vollständig gefällt werden, so wurde für den Rest der Eiweissstoffe dieses Fällungsmittel benutzt.

Das ganze Filtrat aus den 20 ccm Milch von 2. a) betrug 504 ccm; davon wurden 200 ccm mit essigsaurer Tanninlösung gefällt. Der Niederschlag, auf gewogenem Filter gesammelt, ausgewaschen und getrocknet ergab: 0,022 g Eiweissstoffe = 2,77 g auf 1000 Theile Milch.

---

1) Die erste Portion sind Fäces, welchen etwas Urin beigemischt war, die zweite solche, welche für sich allein gesammelt wurden. Das Gewicht beider Portionen zusammen hatte für den Zustand unmittelbar nach der Entleerung berechnet 57,16 g betragen; durch das Austrocknen in Riedlingen sind hiervon 45,79 g Wasser ausgetrieben worden.

2) Leo Liebermann, Anleitung zu chemischen Untersuchungen auf dem Gebiete der Medicinalpolizei etc. S. 88.

Somit ergiebt sich für den Eiweissgehalt der Milch im Ganzen 39,97 g auf 1000 Theile Milch.

3. Zucker. Ein weiterer Theil des aus 20 ccm Milch nach Ausfällung des Caseïn erhaltenen Filtrates von 504 ccm wurde zur Zuckerbestimmung mittelst Fehling'scher Lösung verwendet. 10 ccm dieser Lösung erforderten im Mittel 36,8 ccm des genannten Filtrates = 45,85 g Milchzucker auf 1000 Theile Milch.

4. Fett. 20 ccm Milch wurden mit 20 ccm einer circa 10procentigen Kalilauge geschüttelt und mit Aether ausgezogen. Durch Verdunsten des Aethers in einem gewogenen Schälchen wurden erhalten: 0,5515 g Fett = 27,57 g Fett auf 1000 Theile Milch.

b) Harn.

Betreffs der Versendung, Reaction und Behandlung gilt das Gleiche wie vom Harn der Muttermilchnahrung.

Das specifische Gewicht des Harns war 1,0065; der feste Rückstand beträgt demnach nach der Trapp'schen Formel 13,0 g, nach Neubauer 15,4 g auf 1000 Theile Harn. Der directe Versuch wurde nicht angestellt.

Stickstoffgehalt des Harns. Derselbe wurde in gleicher Weise bestimmt wie oben unter I. b). 4,827 ccm Harn gaben 12,4 ccm Stickstoff bei der Temperatur von 9° und dem Barometerstand von 704,5 mm. Daraus berechnen sich 2,86 g Stickstoff auf 1000 Theile Harn.

c) Fäces.

1. Wasserbestimmung. In Riedlingen hatten 107,72 g frischen Kothes beim Austrocknen 71,72 g Wasser verloren; 1,9950 g dieser Substanz verloren weiter bei 110° bis zu constantem Gewicht getrocknet 0,303 g Wasser = 15,18 %.

2. Stickstoffbestimmung. 0,432 g der trockenen Substanz lieferten nach dem Dumas'schen Verfahren verbrannt 16,9 ccm Stickstoff bei der Temperatur von 9° und dem Barometerstand von 723,8 mm = 4,47 % Stickstoff.

Die Analysen wurden sämmtlich im Laboratorium des Herrn Prof. Dr. G. Hüfner zu Tübingen ausgeführt.

So weit Herr Dr. Hartmann, welchem ich hiermit für seine Unterstützung bestens danke. Ferner habe ich hier der Unterstützung zu gedenken, welche mir meine Frau, schon bei früheren Versuchen als Gehilfin erprobt, bei den zahlreichen Arbeiten, deren Resultat hier veröffentlicht ist, zu Theil werden liess.

Entgegnung

auf die Wilckens'sche Kritik meiner Arbeit: „Ueber Resorption und Secretion der Nahrungsbestandtheile etc.".

Von

Dr. **E. Wildt**
in Posen.

Herr Prof. Dr. Wilckens in Wien bringt im zweiten Hefte des laufenden Jahrganges der Zeitschrift für Biologie eine Kritik der von mir im Jahre 1874 veröffentlichten Arbeit: „Ueber die Resorption und Secretion der Nahrungsbestandtheile im Verdauungscanal des Schafes". Dieselbe ist, weil auf falschen Berechnungsweisen und Trugschlüssen beruhend, in ihren wesentlichen Punkten hinfällig, und will ich versuchen in Folgendem den Nachweis hierfür zu führen.

Herr Wilckens greift zwei Voraussetzungen, auf welche sich seiner Ansicht nach meine Arbeit stützen soll, an: 1) die Nichtassimilirbarkeit der Kieselsäure im Verdauungscanale, 2) das gleichmässige Fortrücken der Inhaltsmassen desselben. Was die erste Voraussetzung anbetrifft, so halte ich dieselbe auch trotz der Kritik des Herrn Wilckens aufrecht, während die zweite von mir nicht gemacht worden ist und auch für Beurtheilung der Brauchbarkeit der aus der Arbeit gezogenen Schlüsse gar nicht nothwendig ist.

Mich zu dem ersten Punkte wendend, ist mir zunächst unerfindlich, wie Herr Wilckens die Kieselsäure mit den Kohlehydraten bezüglich des Nachweises der Assimilirbarkeit vergleichen kann. Herr Wilckens sagt: „Der Schluss, dass die Kieselsäure wegen ihrer geringen Menge im Thierkörper nur wenig assimilirbar ist,

auf den sich die ganze Arbeit Wildt's stützt, ist ohne genaue Untersuchung nicht gerechtfertigt, da wir Nahrungsbestandtheile kennen, die ebenfalls nur in sehr geringer Menge den organischen Bestand des Körpers bilden und gleichwohl in grosser Menge assimilirt werden — das sind die Kohlehydrate. Nach Wildt's Ansicht müsste man auch die Kohlehydrate als verhältnissmässig wenig assimilirbar ansprechen."

Zu der Ansicht, dass die Kieselsäure verhältnissmässig wenig assimilirbar ist, bin ich durch die Betrachtung gelangt, dass die Nahrung der Wiederkäuer reich an Kieselsäure ist, während sowohl der thierische Körper als auch der Harn, welcher die nicht flüchtigen Endproducte des thierischen Stoffwechsels enthält, sehr arm daran ist. Da Kieselsäure in den gasförmigen Endproducten nicht enthalten sein kann, so bleibt kein anderer Schluss übrig, als dass dieselbe im Darmcanal verbleibt. Bei den Kohlehydraten aber verhält es sich ganz anders; dieselben werden in grosser Menge aufgenommen und assimilirt und verlassen den Körper zum bei weitem grössten Theile als Kohlensäure und Wasser. Hier wissen wir also, wo die assimilirten Kohlehydrate bleiben; sobald mir Herr Wilckens nachweisen wird, wo die in grösserer Menge assimilirte Kieselsäure zu finden ist, werde ich die Annahme einer nur geringen Assimilirbarkeit derselben fallen lassen müssen, und dann natürlich würden auch die aus der Arbeit gezogenen Schlüsse hinfällig sein.

Herr Wilckens scheint im Uebrigen selbst einzusehen, dass dieser seltsame Vergleich der Kieselsäure mit den Kohlehydraten nicht genügend ist, um meine Voraussetzung der geringen Assimilirbarkeit der Kieselsäure umzustossen; denn er sucht dann auf andere, noch seltsamere Weise Widersprüche in meiner Arbeit aufzufinden, die so sonderbar sind, dass sich eigentlich Herr Wilckens selbst hätte fragen müssen, ob er nicht bei Aufstellung seiner Berechnungen Fehler gemacht habe.

Herr Wilckens hat aus meiner Arbeit zwei Tabellen berechnet, die an und für sich richtig sind und die ich in Folgendem kurz anführe:

Tabelle I.

	gefunden SiO_2 in g	Soll an Rohfaser in g	gefunden Rohfaser in g	verdaute Rohfaser in g	verdaute Rohfaser in %	im nächsten Darm-abschnitt mehr verdaut als im vorhergehenden
1. u. 2. Magen	29,700	366,32	336,41	29,91	8,16	
3. „	2,707	33,38	20,07	13,31	39,87	31,71 %
4. „	1,891	123,32	15,16	8,16	34,99	
Dünndarm .	3,587	44,24	22,40	21,84	49,36	
Blinddarm .	11,498	141,81	62,10	79,71	56,28	6,92
Grimmdarm .	2,113	26,06	12,61	13,45	51,61	
Mastdarm .	5,943	73,30	35,06	38,24	53,53	
Summe	57,439	708,43	503,81	204,62	28,88	

Tabelle II.

	Soll [1]) an Rohfaser vom 24stündigen Futter in g	Zu- oder Abnahme an Rohfaser in g	Zu- oder Abnahme an Rohfaser in %
1. u. 2. Magen . . .	439,35	— 39,11	8,16
3. „ . . .	287,60	— 151,75	31,74
4. „ . . .	310,99	+ 23,39	
Dünndarm	242,26	— 68,73	
Blinddarm	209,53	— 32,73	6,84
Grimmdarm	231,51	+ 21,98	
Mastdarm	228,84	— 2,67	
Summe	1950,08		

So lange Herr Wilckens in der Tabelle I das Soll an Rohfaser mit dem gefundenen Rohfasergehalt in den einzelnen Darmabschnitten vergleicht, erhält er dieselben Resultate wie ich; es sind darnach im 1. und 2. Magen 8,16% verdaut worden, im 3.

1) Die in dieser Columne angeführten Zahlen sind nicht das Soll an Rohfaser im Sinne der ersten Tabelle, sondern die in den Darmabschnitten wirklich vorhandenen Mengen an Rohfaser auf das 24stündige Futter berechnet, entsprechen also den Zahlen, die in der Tabelle I die 3. Columne bilden und dort als „gefunden an Rohfaser“ bezeichnet sind.

Magen 39,87 — 8,16 % = 31,71 % u. s. w.; es stellt sich alsdann im Blinddarm im Ganzen eine Verdauung von 56,28 % heraus. Nun aber addirt Wilckens das Soll an Rohfaser und den gefundenen Rohfasergehalt in den einzelnen Darmabschnitten und findet so, dass im Gesammtverdauungscanal doch nur 28,88 % Rohfaser verdaut werden. Herr Wilckens berücksichtigt hierbei nicht, dass von den im 1. und 2. Magen gefundenen 336,41 g Rohfaser erst 8,16 % verdaut sind und dass auf dem weiteren Wege durch den Verdauungscanal, da im Ganzen 56,28 % verdaut werden, noch 56,28 — 8,16 % = 48,12 % zur Verdauung gelangen; ebenso verhält es sich mit der Rohfaser in den übrigen Darmabschnitten. In der Zahl 503,81 g ist also nicht allein die unverdaute Rohfaser enthalten, sondern auch Rohfaser, die bei dem weiteren Passiren des Verdauungscanales noch verdaut wird; die Zahl ist mithin viel zu hoch und der Ausnutzungscoëfficient ein zu geringer.

Noch auffälliger ist der Fehler, welchen Herr Wilckens bei Verwendung und Erklärung seiner zweiten Tabelle gemacht hat. Dieselbe entspricht eigentlich vollkommen der ersten, nur dass hier die auf das in 24 Stunden aufgenommene Futter berechneten Mengen an Rohfaser in den einzelnen Theilen des Darmcanales mit einander verglichen werden, während vorher der absolute Gehalt an Rohfaser in den verschiedenen Darmabschnitten in Vergleich gestellt worden ist; ausserdem ist in erster Tabelle die Zu- oder Abnahme an Rohfaser gegenüber dem Futter, in der zweiten im Verhältniss zum vorhergehenden Darmabschnitte festgestellt worden. Die Resultate sind deshalb auch in beiden Tabellen dieselben; wenn wir in Tabelle I die Procente der Rohfaserverdauung in den einzelnen Darmabschnitten von den Procenten im vorhergehenden abziehen, erhalten wir die Zahlen der zweiten Tabelle.

Aber auch hier summirt Herr Wilckens unbegreiflicher Weise wieder die Zahlen für Rohfaser in den einzelnen Darmabschnitten und vergleicht sie mit dem 24stündigen Futter; er bedenkt hierbei nicht, dass schon die Zahlen für den Rohfasergehalt der einzelnen Darmabschnitte auf das binnen 24 Stunden aufgenommene Futter berechnet

sind, dass also die Summe aus den sieben Darmabschnitten nicht mit dem 1×24stündigen Futter, sondern nur mit dem 7×24stündigen Futter verglichen werden kann oder — wenn ein solcher Vergleich überhaupt einen Sinn hätte, was gar nicht der Fall ist — allein der Rohfasergehalt des 24stündigen Futters in Beziehung gebracht werden könnte zu dem 7. Theil der Summe, also zu $\frac{1950,8}{7} = 278,5$. Um einen mathematischen Vergleich zu brauchen, entspricht diese Berechnung des Herrn Wilckens ungefähr folgender: Wenn $x = a$, $x = b$, $x = c$ und $x = d$ ist, so ist auch $x = a + b + c + d$. Das Unrichtige einer solchen Rechnungsweise leuchtet ein; es ist wohl $x + x + x + x$, also $4x = a + b + c + d$, niemals jedoch $1x$. — Mit dem Nachweise des Fehlers in der Berechnung fällt aber auch der von Wilckens daraus gezogene Schluss, dass das Futter sich vier Tage im Verdauungscanal aufhalte.

Herr Wilckens sagt weiter: „Aus meiner zweiten Tabelle berechnet sich die Gesammtverdauung der Rohfaser aus dem im Mastdarm verbleibenden Rest zu 47,8%, während nach der ersten Tabelle diese Gesammtverdauung 28,88% beträgt. Nach meiner ersten Tabelle findet die stärkste Rohfaserverdauung im Blinddarm statt, nach meiner zweiten Tabelle im 3. Magen. Diese Widersprüche hat Wildt nicht gelöst."

Den Widerspruch, welcher in dem Resultat der Gesammtverdauung liegt, habe ich bereits, als durch die falsche Berechnungsweise hervorgerufen, erklärt, während bezüglich der zweiten Frage ein Widerspruch gar nicht vorhanden ist, da die Verdauung in allen Darmabschnitten in beiden Tabellen sich gleich stellt. Nach Tabelle I beträgt die Verdauung im 3. Magen 39,87 — 8,16% = 31,71%, im Blinddarm 56,28 — 49,36% = 6,9%; dieselben Zahlen weist Tabelle II auf.

Herr Wilckens behauptet dann, dass ich von der Voraussetzung eines gleichmässigen Fortrückens des Futters ausgehe; in meiner ganzen Arbeit aber kann ich keine Stelle finden, die ihn zu dieser Behauptung berechtigte. Im Gegentheil, ich berechne die Dauer des Aufenthaltes des Futters in den einzelnen Darmabschnitten ganz verschieden und zwar im 1., 2. und 3. Magen zu

ungefähr 20 Stunden, im 4. Magen zu 1,2 Stunden, im Dünndarm zu 2,2 Stunden u. s. w. Es ist auch eine völlig gleichmässige Fortbewegung gar nicht nothwendig, es genügt, wenn vom 3. Magen an ein continuirliches (nicht ruckweises) Vorwärtsschieben der Verdauungsmasse stattfindet[1]). Diese Voraussetzung allerdings ist für die Arbeit nothwendig, ich glaube mich aber hierin in Uebereinstimmung mit den Ansichten der hervorragenderen Physiologen zu befinden.

In einer vierten Tabelle legt mir Herr Wilckens im Labmagen eine Eiweissresorption von 103,26% unter; auch wie Wilckens zu dieser Zahl gekommen ist, begreife ich nicht; nach der entsprechenden Tabelle in meiner Arbeit hat sich im Labmagen die Eiweissmenge nicht vermindert, sondern sehr bedeutend vermehrt, in Folge Secretion eiweissreicher Drüsensäfte.

Noch zu einem fatalen Schluss, der mich aber weniger berührt, lässt sich Herr Wilckens durch falsche Betrachtungen hinreissen. Herr Wilckens behauptet nämlich: „Aus der gefundenen Trockensubstanz im Verhältniss zum Volumen der vier Magenabtheilungen lässt sich berechnen, dass das Futter im 3. Magen die doppelte Zeit verweilt wie im 1. und 2. Magen und etwa die vierfache Zeit wie im 4. Magen." Ich habe bisher immer geglaubt, dass bei weitem am längsten der Aufenthalt des Futters im 1. und 2. Magen dauere. Da bei Schafen der 3. Magen der kleinste ist, also die geringste Menge Verdauungsmasse (nicht Trockensubstanz, da der Gehalt an Wasser und mithin auch das Volumen des Darminhaltes in den einzelnen Theilen ein sehr verschiedener ist) fasst, so liegt auch die Vermuthung sehr nahe, dass in dieser Magenabtheilung die Dauer des Aufenthaltes des Futters eine geringe ist, weil der Inhalt dem nachdrängenden Futter Platz machen muss.

Es sind dies die Hauptpunkte, durch deren Widerlegung die ganze Kritik des Herrn Prof. Wilckens hinfällig wird. Im

1) Die Geschwindigkeit, mit welcher dies geschieht, ist nicht allein verschieden in den einzelnen Theilen des Verdauungscanales, sondern auch zu verschiedenen Zeiten in demselben Darmabschnitt, je nach dem Stande der Verdauung.

Uebrigen bin ich augenblicklich mit der Ausarbeitung der zweiten, vollständigeren Untersuchung, über die ich bereits bei Gelegenheit der Naturforscherversammlung in München eine vorläufige Mittheilung gemacht habe, beschäftigt, und werde ich hierbei Gelegenheit nehmen, ausführlicher auf die Kritik einzugehen.

Zum Schluss kann ich mir eine Bemerkung nicht versagen. Ich bin kein „Thierphysiolog vom Fach“, ich finde es daher natürlich, dass ich, wenn ich mich mit thierphysiologischen Arbeiten beschäftige, zunächst mich mit den einschlägigen morphologischen und physiologischen Thatsachen vertraut zu machen habe; ich habe dies gethan, ohne die Ermahnung des Herrn Wilckens dazu zu gebrauchen, fürchte aber, dass mancher unbefangene Leser der Wilckens'schen Kritik und meiner Entgegnung in die Versuchung gerathen könnte, jene Betrachtungen über ein lehrreiches Beispiel in etwas anderer Weise anzustellen.

Physiologische Spectralanalysen.

Von

K. Vierordt.

IX. Die Sauerstoffzehrung der lebenden Gewebe.

Im 11. Band dieser Zeitschrift (Jahrgang 1875 S. 195) habe ich ein Verfahren beschrieben, welches die beiden Absorptionsbänder des Sauerstoffhämoglobulin, sowie das Absorptionsband des reducirten Hämoglobulin unmittelbar am Menschen zu beobachten gestattet. Legt man den 4. und 5. Finger so an einander, dass zwischen denselben keine Lücke übrig bleibt, und bringt man die Grenzlinie der Finger vor den Eintrittsspalt des Spectralapparates, so hat man bei Verwendung des Sonnenlichtes ein genügend helles Absorptionsspectrum, das sich von $A\,50\,a$ bis fast F erstreckt, in welchem die beiden Sauerstoffhämoglobulinbänder deutlich und gut abgegrenzt vorhanden sind. Nach Umschnürung beider Finger mittelst Kautschukringen verschwinden diese Bänder in einigen Minuten, wogegen das Absorptionsband des reducirten Hämoglobulin zum Vorschein kommt. Mittelst einer leicht herstellbaren Vorrichtung könnte man die Finger vor dem Eintrittsspalt derartig festhalten, dass das Blutspectrum an jeder Versuchsperson ohne weiteres betrachtet werden könnte.

Die Untersuchung des Absorptionsspectrums des in den Gefässen enthaltenen Blutes am Lebenden, vor allem am Menschen selbst, verspricht wesentliche Aufschlüsse über die Stärke des jeweiligen Sauerstoffverbrauchs im Körper, so dass die Auffindung einer bequemen Methode, welche auch dem Arzt, bei Anwendung eines einfachen Spectroskops und ohne besondere Beleuchtungs-

vorrichtungen, die genaue und rasche Untersuchung des Blutspectrums an jedem Kranken gestattet, als sehr wünschenswerth erscheinen muss.

Um diesen Forderungen zu genügen, muss auf die Verwendung des durchfallenden Lichtes verzichtet und das von der untersuchten Hautstelle zurückgeworfene Licht benutzt werden.

Das von farbigen Lösungen oder gefärbten festen Körpern zurückgeworfene Licht giebt bekanntlich, bei hinlänglicher Beleuchtung, genügend lichtstarke Spectren, die für die einzelnen Farbstoffe eben so charakteristisch sind als die nach dem gewöhnlichen Verfahren mittelst des durchfallenden Lichtes erhaltenen Absorptionsspectren. Dass die spectralen Absorptionsbänder des Blutrothes auch im zurückgeworfenen Licht in grösster Deutlichkeit erscheinen, finde ich nirgends erwähnt; man hat wohl die Erscheinung für etwas durchaus Selbstverständliches und darum keiner besonderen Erwähnuug bedürftig erachtet. Da sie aber die Möglichkeit der Untersuchung des Spectrums des in den Adern des Menschen fliessenden Blutes gewährt, so darf sie nicht länger unbeachtet und unbenutzt gelassen werden.

Wird ein gehörig verdünntes Blut in mässig dicker Schicht in ein Gefäss, am besten in ein Steingutschälchen, gebracht und das von der Lösung zurückgeworfene Licht (des gewöhnlichen Tageslichtes oder der Erdölflamme) mittelst eines einfachen Spectroskops à vision directe beobachtet, indem das Spectroskop gegen die Oberfläche der Lösung gerichtet ist, so erhält man ein Spectrum, welches die Absorptionsstreifen des Sauerstoffhämoglobulin resp. des reducirten Hämoglobulin in wünschenswerther Deutlichkeit erkennen lässt. Ein 7000 fach verdünntes Rindsblut (welchem ein Hämoglobulingehalt von etwa 0,00002 entsprechen würde) gab mir in einer 1 ^{cm} dicken Schicht die beiden Streifen des Sauerstoffhämoglobulin im zurückgeworfenen Licht noch deutlicher als bei der Beobachtung im durchfallenden Licht bei wiederum 1 ^{cm} dicker Schicht. Ich konnte sogar die Verdünnung noch erheblich weiter steigern, ohne dass die Bänder verschwanden[1].

---

1) Bei dieser Versuchsanordnung durchsetzt allerdings das Licht, indem es am Grund des Gefässes wieder zurückgeworfen wird, eine 2 ^{cm} dicke Schicht. Oberflächliche Versuche mit bloss $^{1}/_{2}$ ^{cm} dicker Schicht gaben mir aber, wenn

Untersucht man das von einem Finger (am besten der Beugeseite des 3. Fingergliedes) zurückgeworfene Licht mit einem kleinen Browning'schen Spectroskop, so erhält man ein Spectrum, das sich von etwa *B* Fraunhofer's bis in den Anfang des violetten Bezirks erstreckt. Dabei ist es gleichgiltig, ob der Finger direct von der Sonne oder bloss vom zerstreuten Tageslicht beschienen wird. Bei Anwendung der Erdölflamme ist der blaue Bezirk des Blutspectrums verhältnissmässig viel dunkler.

Das Spectrum des vom Finger zurückgeworfenen Lichtes giebt mit aller Deutlichkeit die beiden Absorptionsbänder des Oxyhämoglobulin. Das erste, bei *D* liegende, Band erscheint im Gegensatz zu dem sehr hellen benachbarten Rothgelb dunkler und breiter als das zweite, obschon, wie ich früher photometrisch nachgewiesen habe, der Lichtverlust in dem Bezirk des zweiten Bandes grösser ist. An hellen Sommertagen kann ich noch zwischen 7—8 Uhr Abends die beiden Bänder unter Anwendung des zerstreuten Himmelslichtes erkennen. Viel stärker werden die Bänder, wenn der Finger gelinde gedrückt und durch die erzielte Blutstauung die Haut röther gefärbt wird. Phlegmonöse Stellen der Haut (schon von wenigen Millim. Durchmesser) geben zwei breite schwarze Bänder mit verhältnissmässig schmalem grünen Zwischenbezirk. Sehr schöne Blutspectren geben namentlich auch der rothe Theil der Lippen, die Zunge, die Bindehaut des unteren Augenlides, die rothen Wangen junger Personen; aber auch auf jeder sonstigen Körperstelle, selbst bei blassen Menschen, lassen sich die Bänder (oder doch das erste Band) noch erkennen. Nach nur einiger Uebung erlangt das Auge in der Erkenntniss selbst der schwächsten Spuren der Bänder eine auffallende Schärfe. Es versteht sich von selbst, dass der Anfänger seine Untersuchungen bei guter Beleuchtung und an hinlänglich rothen Körperstellen beginnen muss.

Die zu diesen Beobachtungen besonders brauchbaren kleinen Spectroskope nach Browning's Construction zeigen übrigens nicht

---

ich mich nicht täusche, ebenfalls deutlichere Absorptionsbänder als das gewöhnliche Verfahren mit dem durch eine 1 cm dicke Schicht durchfallenden Licht. Eine endgiltige Entscheidung ist natürlich nur mittelst der photometrischen Methode möglich.

unerhebliche Verschiedenheiten ihrer Leistungsfähigkeit. Ein von Browning in London (1870) bezogenes Spectroskop giebt mir die Bänder nicht so deutlich als ein von Schmidt u. Hänsch in Berlin 1872 verfertigtes. In ausgezeichneter Weise entspricht aber dem vorliegenden Zweck ein von Seibert u. Krafft in Wetzlar (1876) verfertigter Sorby-Browning'scher Mikrospectralapparat[1]). Selbstverständlich benutzte ich nur diejenigen Bestandtheile des letzteren, welche den Eintrittsspalt und die über demselben liegenden Theile enthalten. Alle nachfolgenden Beobachtungen habe ich deshalb mit diesem vortrefflichen Instrument gemacht.

Von den mancherlei unserer Methode zugänglichen Fragen ist wohl die Bestimmung der Stärke der Sauerstoffzehrung unter verschiedenen physiologischen und pathologischen Bedingungen die interessanteste und auch vom praktisch-medicinischen Standpunkt aus wichtigste. Schon Autenrieth (Physiol. Bd. I S. 311) hat der Umwandlung des arteriellen in venöses Blut, soweit sie durch die Farbe ersichtlich ist, seine Aufmerksamkeit geschenkt. Unser J. R. Mayer in seiner berühmten Schrift: die organische Bewegung in ihrem Zusammenhang mit dem Stoffwechsel, führt mehrere von ihm beobachtete hierher gehörige Thatsachen an.

J. Davy und H. Nasse betonen den stärkeren Farbunterschied zwischen beiden Blutarten im Winter. Grützner und Gscheidlen fanden, dass vorher anhaltend thätig gewesene

1) Um gegen die Verfertiger der älteren Apparate nicht ungerecht zu sein, habe ich die Zeit, in welcher die Apparate bezogen wurden, angegeben. Ein 1869 von Hofmann in Paris bezogenes Spectroskop, wiederum à vision directe, giebt keine hinreichende Lichtstärke, um das von der Haut zurückgeworfene Licht benutzen und die zwei Absorptionsbänder scharf unterscheiden zu können. Die von A. Hilger in London neuerdings verfertigten Westentaschenapparate, welche, wenn die innere Röhre in die äussere eingeschoben ist, bloss 4 cm lang sind, mögen zu manchen, namentlich demonstrativen, Zwecken dienlich sein, für die vorliegenden Untersuchungen aber reichen sie nicht aus.

Bei dieser Gelegenheit muss ich, im Interesse meiner Methode der quantitativen Spectralanalyse, bemerken, dass die getheilte Eintrittsspalte bis jetzt nur von Schmidt u. Hänsch, sowie von Albrecht in Tübingen in tadelloser, die strengste mikroskopische Prüfung ertragender Genauigkeit hergestellt worden ist. Ich habe leider schon unexacte Apparate aus anderen Werkstätten sehen müssen, welche zur quantitativen Spectralanalyse völlig unbrauchbar sind.

Muskeln leicht reducirbaren Verbindungen (z. B. Indigblau) den Sauerstoff viel schneller entziehen als ruhig gebliebene. A. Schmidt (Dissociation des Sauerstoffhämoglobins im lebenden Organismus, Jena 1876) untersuchte in zahlreichen, auf verschiedene Weise getödteten Thieren wenige Minuten nach dem letzten Athemzuge das dem Herzen unter Luftabschluss entzogene Blut spectroskopisch auf das Vorhandensein der zwei Sauerstoffhämoglobulinbänder, beziehungsweise des Bandes des reducirten Hämoglobulin. In zwei bemerkenswerthen Arbeiten, „Ergebnisse der Untersuchung mit dem Augenspiegel“, Wien 1876, und „über unzureichende Desoxydation des Venenblutes“, Wiener medic. Presse 1877 Nr. 19, machte E. v. Jäger auf die merkwürdige Thatsche aufmerksam, dass die (bei Anwendung des Oellampenlichtes) lichtgelbröthliche Färbung der Netzhautarterien und die dunkelzinnoberrothe Färbung der Netzhautvenen bei kräftigen, viel im Freien sich aufhaltenden, Menschen besonders deutlich hervortritt und dass diese Farbunterschiede krankhafter Weise vergrössert, sehr viel häufiger aber verkleinert werden. Letzteres ist besonders der Fall bei Menschen mit sitzender Lebensweise (wobei sogar die Gesichtsfarbe lebhaft roth sein kann!), viel mehr aber in starken Graden der „Blutleere“ und Bleichsucht.

Unsere Methode kann direct für die vorliegende Frage verwendet werden, wenn man die Zeit bestimmt, nach welcher die beiden Absorptionsbänder des in der beobachteten Hautstelle plötzlich in Stockung versetzten Blutes völlig verschwunden sind. Die Blutstockung bewirke ich mittelst rascher, jedoch nur mässiger, Umschnürung des ersten Gliedes eines beliebigen Fingers durch ein einige Millimeter breites, weiches Kautschukband. Der Beginn der Umschnürung wird am Secundenzeiger der Taschenuhr abgelesen. Dass der Endpunkt der Beobachtungszeit nicht mit derselben Genauigkeit wie der Anfang bestimmt werden kann, versteht sich von selbst. Mit zunehmender Uebung erlangt übrigens das Auge auch für diese Wahrnehmung eine grosse Sicherheit des Urtheils, so dass wiederholte Beobachtungen nur geringe Abweichungen ergeben. Ich benutze — namentlich bei schnell auf einander folgenden Versuchen — der Reihe nach alle 10 Finger. Bei

Verwendung des zerstreuten Tageslichtes stehe ich, den Rücken gegen das Fenster gekehrt, in der Nähe des letzteren und halte den zu prüfenden Finger in etwa 6—10 cm Abstand vom Spectroskop. Bequem ist, wenn der Hintergrund so wenig beleuchtet ist, dass das von ihm zurückgeworfene Licht nur ein sehr lichtschwaches Spectrum giebt; das Spectrum des Fingers ist dann verhältnissmässig lichtstark, so das die richtige Stellung des Fingers zum Apparat einfach schon an der Helligkeit des Spectrums erkannt werden kann.

Die Erscheinungen, um die es sich hier handelt, verlaufen in nachstehender Reihenfolge. Sogleich nach erfolgter Umschnürung des Fingers wird das dritte Glied etwas röther, die beiden Absorptionsbänder sind deshalb breiter, dunkler und besser umschrieben als vorher. Sodann verschmälern sich die Bänder und zwar von ihren einander zugewandten Rändern aus, so dass der grüne Bezirk zwischen denselben breiter wird. Indem die Bezirke der früheren Sauerstoffbänder zunehmend heller, zugleich aber auch der von ihnen eingeschlossene grüne Zwischenraum dunkler wird, bieten schliesslich die drei Bezirke, welche zusammen ungefähr $^{4}/_{5}$ des Raumes zwischen *D* und *E* einnehmen, keine merklichen Lichtstärkecontraste mehr; diese ganze Region des Spectrums zeigt nunmehr überall dieselbe mässige Helligkeit, indem auch die letzten Spuren der Sauerstoffhämoglobulinbänder (die zuletzt noch als sehr schmale, schwach dunkle Streifen erkenntlich waren) verschwunden sind[1]). Der Anfänger erleichtert sich die Beobachtung, wenn er dann und wann das Spectrum des benachbarten, nicht umschnürten Fingers beobachtet. Kleine Horizontalbewegungen des Spectroskops oder des beobachteten Fingers sind, namentlich gegen Ende der Beobachtungszeit, zu empfehlen, in welcher manchmal Spuren der Bänder abwechselnd wieder auftauchen und verschwinden. Tabelle I enthält Doppelbeobachtungen in genügender Zahl, welche über die Fehlergrenze der Methode Aufschluss geben.

---

1) Bei meinen Anfangsversuchen schien mir das zweite Band früher als das erste zu verschwinden. Später aber überzeugte ich mich, dass die letzte Spur des zweiten Bandes nicht früher aufhört als die des ersten.

Die Zeit, innerhalb welcher die beiden Bänder verschwinden, wechselt in hohem Grade, entsprechend den jeweiligen Körperzuständen, und zwar zwischen $^2/_3$ bis selbst 5 Minuten. Nimmt man, nachdem die beiden Absorptionsstreifen verschwunden sind, das Kautschukband weg, so erscheint fast augenblicklich das Oxyhämoglobulinspectrum und zwar noch deutlicher als beim Beginn der Umschnürung. Die Streifen sind nämlich erheblich dunkler und breiter, so dass das Anlegen und spätere Entfernen des Kautschukbandes das beste Mittel ist zur Demonstration des Blutspectrums am Lebenden.

Zur genauen Ortsbestimmung der beiden Absorptionsstreifen benutzte ich meinen grösseren Steinheil'schen Spectralapparat. Der durch Sonnenlicht mittelst des Heliostaten beleuchtete 3. Finger gab ein ziemlich lichtstarkes Spectrum; das erste Absorptionsband reichte von $D\,6\,E$ bis $D\,28\,E$, das zweite von $D\,57\,E$ bis $D\,81\,E$. Im durchfallenden Licht hatte ich früher (s. die am Eingang erwähnte Arbeit) an mir selbst gefunden $C\,95\,D$ bis $D\,19\,E$ und $D\,59\,E$ bis $D\,88\,E$, wogegen das Reductionsband zwischen $D\,15\,E$ bis $D\,61\,E$ lag. Am Handteller (bei ungestörtem Blutlauf) waren die Grenzen der beiden Bänder $D\,12\,E$ bis $D\,28\,E$ und $D\,63\,E$ bis $D\,82\,E$. Diese letzteren Bestimmungen machte ich mit einem Browning'schen Messapparat, welcher dem Seibert-Krafft-schen Spectroskop auf Verlangen beigegeben wird[1]).

Nach dem Verschwinden der Sauerstoffhämoglobulinbänder in Folge der Fingerumschnürung kommt übrigens das Reductionsband, als solches, nicht zum Vorschein, indem nunmehr, wie vorhin erwähnt, der ganze Spectralbezirk, welcher den drei Bändern entspricht, keine auffälligen Helligkeitsunterschiede bietet. Es ist ganz dieselbe Erscheinung, welche man nach vorsichtigem Zusatz von Schwefelammonium zu gehörig verdünntem Blut beobachtet; die beiden Sauerstoffhämoglobulinbänder verschwinden und der ganze Raum zwischen etwas über D bis $D\,{}^1/_3\,E$ zeigt keine wesentlichen Helligkeitsunterschiede. Schüttelt man nunmehr das Blut mit Luft, so stellen sich die zwei Sauerstoffbänder wieder ein, um später

1) Der Messapparat kostet 30 Mark; er gestattet recht genaue Messungen.

wieder zu verschwinden. Wie Stokes bekanntlich gezeigt hat, können die Bänder auf diese Weise in öfterem Wechsel zum Verschwinden und Wiedererscheinen gebracht werden.

Da das Verschwinden der Sauerstoffhämoglobulinstreifen von der jeweiligen spontanen oder willkürlich hervorgebrachten Stärke der Einzelverrichtungen des Körpers in hohem Grade und — was für die praktische Verwendung der Methode besonders massgebend ist — in durchaus regelmässiger Weise abhängt, so muss ich in Tabelle I die nöthigsten Angaben über die jeweiligen Körperzustände aufnehmen. An den meisten Versuchstagen wurde eine grössere Anzahl von Messungen ausgeführt; man könnte ohne Anstand in der Stunde 10 bis selbst (rasche Sauerstoffzehrung vorausgesetzt) 20 und mehr Beobachtungen anstellen.

Der Tabellenkopf „Stunde“ giebt die Stunde und Minute des beginnenden Versuchs; die Ueberschrift „Verschwinden der Absorptionsstreifen“ giebt in Minuten und Secunden die Zeit, welche verstreicht vom Beginn der künstlichen Unterbrechung des Blutlaufes bis zum eben erfolgten Verschwinden der beiden Absorptionsstreifen des Oxyhämoglobulin. In der Rubrik „Bemerkungen“ befinden sich die nöthigsten Angaben über den der Beobachtung unmittelbar vorhergehenden Körperzustand[1]).

---

1) Um Wiederholungen zu vermeiden, bemerke ich, dass in die erste halbe Stunde nach dem Verlassen des Bettes das Waschen (des ganzen Körpers mit lauwarmem Wasser) und das Ankleiden fällt; während dieser Zeit war ich immer im Stehen begriffen. An manchen Versuchstagen wurden auch Bestimmungen wenige Minuten nach dem Aufstehen gemacht. Der Angabe „Aufenthalt im Garten“ habe ich hinzuzufügen, dass letzterer unmittelbar an meine Wohnung anstösst. Zwischen 10—12^{h} ist manchmal „Ausgang“ angemerkt; ich besuchte in diesen Fällen das Lesezimmer des etwa 400^{m} von meiner Wohnung entfernten Museums, wo ich mich, theils sitzend theils stehend, aufhielt und dann ohne Umweg wieder nach Hause ging. Die Notiz „ruhig sitzend im Zimmer“ bedarf den Zusatz, dass ich dann fast immer mit Lesen, nur selten mit Schreiben, beschäftigt war. Die Zeiten der Körperbewegung sind genau angegeben, ebenso die der Mahlzeiten. Das Frühstück bestand aus einer Tasse Kaffee nebst 1 Semmel mit Butter und Honig; beim Mittagessen wurde $^{2}/_{3}$, beim Abendessen $^{1}/_{3}$ Liter Wein getrunken. Die Temperatur wechselte nur wenig, meist bloss zwischen 14—17° R., so dass sie nur ausnahmsweise notirt werden musste.

Tabelle I.

Nr.	Tag	Stunde	Verschwinden der Absorptions-streifen	Bemerkungen
1	27. Mai	Nacht 3^h 30′	3′ 45″	Alsbald nach dem Erwachen untersucht.
2	„	6 25	5 30	Gegen 4^h wieder eingeschlafen, 6^h 20′ aufgewacht.
	„	7 30	5 15	7^h aufgestanden.
4	„	8	3	7^h 35′ Frühstück.
	„	8 53	3	
6	„	10 5	1 30	9—10^h Colleg; meist stehend.
	„	11 55	2 20	10^h 30′—11^h 45′ Ausgang.
8	„	12 52	2 12	12^h 15′—12^h 45′ Mittagessen.
	„	2 26	1 45	1—2^h auf dem Sopha ausruhend.
10	„	3 4	1	2^h 30′—3^h 56′ Spaziergang ohne Unterbrechung auf ziemlich ebenem Wege.
	„	3 30	52	
12	„	3 56	1	
	„	5 20	3 20	4^h — 7^h 48′ im Gartenhaus sitzend.
14	„	7 48	3	
	28. Mai	Morgens 7^h 17′	3 20	6^h 45′ aufgestanden.
16	„	8	2 48	7^h 25′ Frühstück; bis 8^h sitzend.
	„	9	3	8—9^h meist stehend.
18	„	10 5	2	9—10^h Colleg; immer stehend.
	„	11	2 30	10—11^h meist sitzend.
20	„	12 10	3 15	11—11^h 45′ im Zimmer, 11^h 45′ bis 12^h 10′ im Garten.
	„	12 47	2 45	12^h 15′—12^h 45′ Essen.
22	„	1 55	1 48	1—1^h 45′ auf Sopha ausgeruht.
	„	4 10	2 45	2—4^h physiolog. Practicum; immer stehend.
24	29. Mai	7 30	3	6^h 50′ aufgestanden, 7^h 25 Frühstück.
	„	8 30	3	Vorher meist sitzend.
26	„	10 30	2	9—10^h Colleg, meist stehend; 10 bis 10^h 30′ meist stehend.
	„	12	2 30	11—11^h 45′ kurzer Ausgang.
28	„	12 49	2 6	12^h 15′—12^h 45′ Essen.
	„	1 53	2	1—1^h 52′ auf Sopha ausgeruht.
30	„	3 15	1 15	2—3^h 15′ meist stehend im Zimmer.

Nr.	Tag	Stunde	Verschwinden der Absorptionsstreifen	Bemerkungen
31	29. Mai	3h 35'	1'	3h 25'—4h 30' Spaziergang auf ebenem Wege; 105 Schritte pro Minute. (16° R.)
32	„	3 50	1 45"	
	„	4 15	2 30	
34	„	4 30	1 50	
	„	6 10	3	4h 30'—6h 10' sitzend im Zimmer.
36	30. Mai	7 40	4	7h aufgestanden (nach langem, gutem Schlaf).
	„	7 59	3	7h 45' Frühstück.
38	„	8 34	2 45	Vorher sitzend.
	„	8 45	4	Von 8h 43'—8h 45' 85 möglichst tiefe Athemzüge gemacht, bei sonstiger Körperruhe.
40	„	10	2 45	
	„	10 6	3 30	Von 10h 4'—10h 6' 100 möglichst tiefe Athemzüge.
42	„	10 20	1 20	Vorher 20 Sec. den Athem angehalten.
	„	10 30	1 30	Vorher 30 Sec. den Athem angehalten.
44	„	11	2 45	
	„	11 6	4	Von 11h 4'—11h 6' 100 Athemzüge.
46	„	11 30	2 50	
	„	11 35	2	Unmittelbar vor 11h 35' den Athem 25 Sec. angehalten.
48	„	12	2 45	
	„	1	2	12h 15'—12h 45' Essen.
50	„	2	1 15	1—2h auf Sopha ausgeruht.
	„	2 43	2	
52	„	3 15	1	Von 2h 47'—3h 15' einen nahen Hügel bestiegen; Höhe über meiner Wohnung 110m. Während des Steigens 28 Respir., 106 Pulse in der Minute. (16° R.)
	„	3 21	1 45	Nach 6 minutlichem Sitzen auf einer Ruhebank (16 Respir.).
54	„	3 29	1 40	Nach 14 minutl. Sitzen (16 Respir.).
	„	3 54	1	Von 3h 34'—3h 54' denselben Weg zurück.

Nr.	Tag	Stunde		Verschwinden der Absorptions-streifen		Bemerkungen
56	30. Mai	4h	34′	1′	45″	3h 56′—4h 5′ stehend und gehend im Zimmer; von 4h 5′ sitzend im Garten (1 Flasche Bier).
	„	7		2	45	Von 5—8h im Zimmer sitzend.
58	„	8		3		
	31. Mai	7	20	4		6h 50′ aufgestanden.
60	„	10	4	2		7h 30′—8h 30′ sitzend; 8h 30—10h immer stehend (9—10h Colleg).
	„	11	56	1	20	10h 15′—11h 30′ausgegangen, jedoch meist gesessen.
62	„	12			52	Von 11h 58′—12h mit dem rechten Arm beständige Wechsel kräftiger Beugungen und Streckungen im Ellbogen- und Handgelenk, sowie den Fingern, zum Theil auch verbunden mit Bewegungen im Schultergelenk. Ein Finger der rechten Hand wird zur Spectroskopie benützt.
	„	1	54	1	15	12h 15′—12h 48′ Essen; 1—1h 54′ auf Sopha.
64	„	4	30	1	15	Nach ¾stündigem Spaziergang auf ebenem Wege.
	1. Juni	7	17	3	30	7h 13′ aufgestanden (nach langem, gutem Schlaf).
66	„	7	35	4		7h 40′ Frühstück.
	„	8	2	2	30	7h 40′—9h fast immer sitzend.
68	„	9		3	30	
	„	10	6	1	30	9—10h Colleg.
70	2. Juni	6	49	4	15	6h 45′ aufgestanden.
	„	7	15	3		
72	„	8		2	30	7h 30′ Frühstück; von 7h 40′ an bis 12h ruhig sitzend.
	„	8	30	2	30	
74	„	9		2	20	
	„	10		2		
76	„	11		2		
	„	12		2		
78	„	1		1	50	12h 15′—12h 45′ Essen.

Nr.	Tag	Stunde	Verschwinden der Absorptionsstreifen	Bemerkungen
79	2. Juni	2^h	50″	1—2^h auf dem Sopha ausgeruht.
80	„	2 30′	50 75 50	Von 2^h — 2^h 45 im Gartenhaus sitzend.
	„	3	1′	2^h 45′ zurück ins Zimmer, von da bis 8^h immer ruhig sitzend.
82	„	3 30	1 10	
	„	4	1 20	
84	„	4 30	1 15	Von 4^h 7′ — 4^h 45′ eine Flasche Bier getrunken.
	„	5	2	
86	„	6	2	
	„	7	2	8^h 10′ — 10^h 30′ Abendessen.
88	„	9	2	
	„	9 30	Daumen 1′ 30″ 2. Finger 1 30 4. Finger 1 40 5. Finger 1 30	
90	3. Juni	6 56	4′	6^h 50′ aufgestanden.
	„	7 25	4′ 30″	
92	„	8 48	2 20	7^h 35′ Frühstück; fast immer sitzend.
	„	10 8	1 20	9 — 10^h Colleg; meist sitzend.
94	6. Juni	9 16	2	Vorher meist ruhig sitzend.
	„	9 20	2 30	9^h 19′ — 9^h 20′ 60 möglichst tiefe Athemzüge gemacht.
96	7. Juni	7 28	3 30	6^h 45′ aufgestanden.
	„	8 21	2 30	7^h 35′ Frühstück; ruhig sitzend.
98	„	10 3	2 30	Sitzend.
	„	10 24	52	Von 10^h 12′ — 10^h 48′ auf ebenem Weg gegangen; 112 Schritte, 24 Respir. in der Minute. (18° R.)
100	„	10 36	48	
	„	10 48	1	
102	„	10 52	1 30	Von 10^h 49′ — 11^h auf einer Ruhebank sitzend.
	„	10 55	1 15	
104	„	10 57	54	
	„	10 59	48	

Nr.	Tag	Stunde	Verschwinden der Absorptionsstreifen	Bemerkungen
106	7. Juni	11^h 12'	54"	Von 11^h — 11^h 36' denselben Weg zurück.
	"	11 24	1' 5	
108	"	11 36	1 5	
	"	11 41	1	Von 11^h 38' — 12^h 12' ruhig sitzend im Zimmer. Mittelwerth 72 $^1/_2$".
110	"	11 50	1	
	"	12	1 30 1 30	
112	"	12 12	1 15 1	
	"	2	1 30	12^h 15' — 12^h 45' Essen; 12^h 45' bis 2^h Ruhe auf Sopha.
114	"	3 20	1 15	
	"	5	1 15	Von 2—6^h im Gartenhaus sitzend; etwas müde u. eingenommener Kopf.
116	"	5 53	1 30	
	8. Juni	6 54	3	6^h 48' aufgestanden. Seit 2 Stunden wachend im Bett; nicht gut geschlafen.
118	"	7 23	30	
	"	8	2	7^h 30' Frühstück; von 7^h 40' — 12^h im Gartenhaus sitzend, meistens lesend.
102	"	9	1 30 1 30	
	"	10	1 45 1 30	
122	"	11	1 30	
	"	12	1 20	
124	"	1	45	Von 12^h 15' — 12^h 40' Essen; von 12^h an den Nachmittag im Zimmer.
	"	2	1	12^h 50' — 2^h auf Sopha ruhend.
126	"	3	40	Etwas matt; Drücken in der Magengegend; schwacher ziehender Schmerz im Nacken; Pulszahl normal.
	"	4	40 45	
128	"	5	50	
	"	6	45	
130	"	7 30	1 1	Gegen Abend Befinden besser.

Nr.	Tag	Stunde	Verschwinden der Absorptions-streifen	Bemerkungen
131	9. Juni	6^h 58′	2′ 40″	6^h 52′ aufgestanden. Vorher 2 Stunden wachend im Bett; nicht gut geschlafen. Befinden gut.
132	„	7 32	2 20	
	„	8	2 20	7^h 45′ Frühstück; von 7^h 50′ — 12^h sitzend im Zimmer.
134	„	9	2 40	
	„	10	2 40	
136	„	11	2 20	
	„	12	2	
138	„	1	1 40	12^h 15′ — 12^h 50′ Essen.
	„	2 10	1 20	11^h 50′ — 2^h 10′ Ausruhen auf Sopha.
140	„	3 10	1 30	Von 2^h 20′ — 7^h im Gartenhaus lesend oder sprechend.
	„	4 3	1 50	
142	„	5 44	1 50	4^h 10′ — 5^h eine Flasche Bier.
	„	7 47	2	Von 7—8^h im Zimmer sitzend.
144	„	8 55	1 40	8^h 5′ — 8^h 25′ Abendessen.
	10. Juni	12 5	2 30	10^h ins Bett; geschlafen von ½11—12^h.
146	„	5	2	Von 12—1^h wachend; später mit Unterbrechungen geschlafen. Gesammter Nachtschlaf bloss etwa 5 Stunden. Kurz vor 5^h erwacht.
	„	6 30	2 15	Gegen 6^h wieder eingeschlafen; 6^h 25′ erwacht.
148	„	6 51	4	6^h 46′ aufgestanden.
	„	7 21	3 40	
150	„	8 11	1′ 30″ im Sonnenlicht 1 30 im Petroleuml. 1 25 im diff. Tagesl.	7^h 30′ Frühstück, dann sitzend, etwas müde.
	„	9 12	2′ diffuses Tageslicht 1′50″ Petroleumlicht	Sitzend. Leichte Magenbeschwerden; Aufstossen; eingenommener Kopf.
152	„	11 46	2′ 10″	Von 9^h 20′ — 11^h 45′ theils gehend (im Ganzen etwa 1 Stunde) theils Besuche gemacht, aber meist stehend. Durch den Ausgang fühlbar erfrischt.
	„	2 30	55	Von 1^h — 2^h 30′ auf Sopha, meist schlafend.

Nr.	Tag	Stunde	Verschwinden der Absorptionsstreifen	Bemerkungen
154	11. Juni	6h 40′	3′ 30″	6h 33′ aufgestanden.
	"	7 53	2 45	7h 10′ Frühstück; bis 8h sitzend.
156	"	8 48	1 30	Von 8h Morgens bis 10h Abends Ausflug nach Niedernau bei schönem Wetter; 8h 36′—8h 53′ Eisenbahnfahrt nach Rottenburg (19° R. im Waggon).
	"	9 7	1 12	Von 8h 53′ — 10h 3′ von Rottenburg nach Niedernau gegangen; 100 Schritte und 16 Respir. in der Minute.
158	"	9 37	1 10	
	"	10 9	1 30	10h 3′ angekommen und alsbald im Zimmer sitzend.
160	"	11	1 30	Von 10h 12′ — 11h 24′ sitzend im Freien; 10h 20′ — 10h 35′ Brod und 1/4 l Wein; 11h 10 Athemzüge in der Minute.
	"	12	1 10	Von 11h 24′—12h 15′ langsam gehend; 13 Athemzüge.
162	"	2 24	1 40	12h 30′ — 1h 30′ Mittagessen; 1h 30′ bis 2h 20′ Ausruhen auf Sopha.
	"	4 25	1 35	2h 50′ — 4h 30′ Spaziergang, vielfach in der Sonne. (20° R.)
164	"	5 20	1 50	Von 4h 30′ — 6h ruhig sitzend im Freien; 4h 50′ — 5h 20′ eine Flasche Bier getrunken.
	"	6 15	2	Seit 6h sehr langsam gehend. Weitere Beobachtungen bis zur Rückkehr per Bahn nach Tübingen konnten wegen ungenügender Lichtquellen nicht gemacht werden.
166	12. Juni	6 49	5 15	6h 43′ aufgestanden; sehr gut geschlafen von 11h — 6h 30′.
	"	7 18	2 30	Etwas müde den ganzen Vormittag hindurch in Folge des gestrigen Ausfluges.
168	"	8	2 30	7h 25′ Frühstück; von da an sitzend bis 10h 15′.

Nr.	Tag	Stunde	Verschwinden der Absorptionsstreifen	Bemerkungen
169	12. Juni	9^h	1′ 50″	
170	„	10	2 30	
	25. Juni	10	3. Finger 1′ 5″ 2. Finger 58 5. Finger 54	Seit einigen Tagen leichter Darmkatarrh, der am 24. stark zunahm; sehr müde, appetitlos, Durchfall, kein Fieber. Musste die Vorlesung aussetzen. Erst 9^h aufgestanden. 19° R. Zimmertemperatur.
172	„	11	1′	10—12^h sitzend.
	„	12	1′ 30″	Befinden besser.
174	„	1	1 20	12^h 15′ — 12^h 30′ etwas Suppe und $^1/_2$ Glas Wein genossen.
	„	2	50	12^h 30′ — 2^h auf dem Sopha geruht; von da an immer sitzend.
176	„	3 10′	1 5	
	„	4 10	1 10	
178	„	6 30	2	5^h etwas Brod gegessen. Befinden ziemlich gut.
	26. Juni	9	1 30	8^h aufgestanden. Verdauungsstörung gebessert; müde den ganzen Tag hindurch.
180	„	11 50	1 25	Den ganzen Vormittag sitzend.
	„	1 30	1 10	12^h 15′ — 12^h 30′ etwas Suppe, grüne Erbsen und 1 Glas Wein genossen. Appetit gering. Von 12^h 30′—1^h 30′ auf Sopha ruhend.
182	„	5	1 25	
	27. Juni	9 30	1 50	Nicht gut geschlafen. 8^h aufgestanden, mit Appetit gefrühstückt.
184	„	11 40	1 45	Fast den ganzen Tag sitzend.
	„	1 30	50	12^h 30′ — 12^h 45′ mit ziemlichem Appetit gegessen, $^1/_2$ l Wein getrunken.
186	„	3 19	1 20	Von 2^h — 4^h 20′ im Gartenhaus.
	„	5 15	1 40	
188	28. Juni	8 38	2	Gut geschlafen. 7^h aufgestanden.

Nr.	Tag	Stunde	Verschwinden der Absorptionsstreifen	Bemerkungen
189	28. Juni	10h 3 '	1	Sogleich nach dem Colleg. (19½°R.)
190	"	11 49	1 50"	Von 10h an sitzend.
	29 Juni	8 50	2	7h 15' aufgestanden; seit 8h 10' im Gartenhaus.
192	"	10 14	1 50	
	30. Juni	9 30	1 50	Vorher ruhig sitzend.
194	2. Juli	6 50	3 15	6h 44' aufgestanden. Seit gestern wieder vollkommene Euphorie.
	"	8 14	2 30	
196	3. Juli	7 10	3	6h 55' aufgestanden.
	"	8 50	2 30	

Die Sauerstoffzehrung in den einzelnen Tagesstunden.

Trotz der geringen Anzahl meiner bis jetzt angestellten Beobachtungen lässt sich die Stärke der Sauerstoffzehrung im Verlauf des Tages wenigstens annähernd feststellen.

Meine Nachtbeobachtungen sind viel zu sparsam; ich konnte sie nicht füglich weiter fortsetzen, da das Spectroskopiren mich so in Anspruch nahm, dass das Wiedereinschlafen verzögert und damit der Zweck, den Einfluss des Schlafes zu erkennen, zum Theil vereitelt wurde. Solche Beobachtungen sollten immer an anderen Personen, die sich ganz passiv verhalten, angestellt werden. Immerhin kann gefolgert werden, dass die Sauerstoffzehrung Nachts verlangsamt ist; vielleicht wird sich künftig herausstellen, dass diese Verlangsamung gegen die Morgenstunde noch zunimmt.

Wir setzen in Folgendem eine ruhige Lebensweise bei gutem körperlichen Befinden voraus. Die nachfolgende Tabelle II zerfällt in zwei parallele Reihen; in der ersten sind die Mittelwerthe aus den überhaupt vorhandenen Versuchen, sammt der Zahl der letzteren, angegeben. In die zweite Reihe sind immer nur diejenigen Versuche aufgenommen, in welchen nicht bloss in der in Rede stehenden Stunde, sondern auch in der der letzteren unmittelbar vorangehenden

Stunde Messungen gemacht wurden. Mit Ausnahme der späteren Nachmittagszeit, in welche nur wenige Messungen fallen, stimmen die Werthe beider Reihen leidlich mit einander überein.

Aus der Tabelle ergiebt sich, dass die Grösse der Sauerstoffzehrung schon im ruhigen, normalen Leben Verschiedenheiten von ungefähr dem Dreifachen bietet. Unmittelbar nach dem Verlassen des Bettes ist der Vorgang am meisten verlangsamt (4 Minuten 5 Secunden im Mittel); in Folge der Muskelthätigkeit beim Ankleiden und Waschen nimmt die Zehrung etwas zu (3 Min. 42 Sec.), viel rascher aber in der nächsten halben Stunde (2 Min. 35 Sec.), wobei das Frühstück von einigem Einflusse sein mag. Von da an bleiben sich die Werthe nahezu gleich; alsbald nach Beendigung der Mittagsmahlzeit steigt die Energie (2 Min. 10 Sec.); eine Stunde später (2 Uhr) ist das Maximum erreicht (1 Min. 24 Sec.), und zwar zeigt sich diese Zunahme ganz ausnahmslos in jedem Versuchstage. Von da tritt wieder eine allmähliche Abnahme ein, so dass in den späteren Abendstunden (6—8 Uhr) der Vormittagswerth (2 Min. 20 Sec.) wieder erreicht wird. Weitere Beobachtungen müssen lehren, ob die Abendmahlzeit die verhältnissmässig nicht unbedeutende Steigerung (1 Min. 36 Sec.) zeigt, welche ich in freilich bloss zwei Beobachtungen gefunden habe.

Tabelle II.

Tagescurve der Sauerstoffzehrung.

Tagesstunde	Sauerstoffzehrung in Sec.	Zahl der Tage	Tage, an welchen auch in der vorhergehenden Stunde Messungen gemacht wurden		Bemerkungen
			Sauerstoffzehrung in Sec.	Zahl der Tage	
A 6h 45′ . . .	245	6	—	—	Unmittelbar nach dem Aufstehen.
B 7h 20′—7h 30′	222	11	*A* 252 — B 212	5	Nach dem Waschen und Ankleiden.
C 8	155	11	*B* 230 — *C* 154	10	20 — 30′ nach dem Frühstück.
D 9	153	8	*C* 152 — *D* 158	7	
E 10 . . .	145	5	*D* 144 — *E* 145	5	

Tagesstunde	Sauerstoff-zehrung in Sec.	Zahl der Tage	Tage, an welchen auch in der vorhergehenden Stunde Messungen gemacht wurden		Bemerkungen
			Sauerstoff-zehrung in Sec.	Zahl der Tage	
F 11h	146	3	*E* 142 — *F* 146	2	
G 12	160	3	*F* 146 — *G* 160	3	
H 1	130	5	*G* 154 — *H* 130	5	Alsbald nach dem Mittagessen.
I 2	84	7	*H* 131 — *I* 91	5	Von 1—2h auf dem Sopha ausgeruht.
K 3	87	5	*I* 70 — *K* 95	3	
L 4 . . .	118	3	*K* 78 — *L* 94	2	
M 5	132	4	*L* 94 — *M* 115	2	
N 6	137	3	*M* 120 — *N* 120	1	
O 7h — 7h 48′	140	3	—	—	
P 9	96	2	*O* 120 — *P* 96	2	Nach 8h Abendessen.

Zahlreiche physiologische Einflüsse können den Vorgang erheblich abändern; manche derselben sind von so eingreifender und regelmässiger Wirkung, dass sie schon aus meiner nur kleinen Beobachtungsreihe sich aufs Deutlichste ergeben.

Wirkung des anhaltenden Sprechens.

Unmittelbar nach Beendigung der Vorlesungen, die von 9^h 10′ bis 10^h dauern, und sicherlich auch während derselben, ist meine Sauerstoffzehrung bedeutend gesteigert. Während Tabelle II beim ruhigen Verhalten meines Körpers für 10^h einen Werth von 145 Sec. ergiebt, erhalte ich nach Beendigung der Vorlesungen, in welchen ich laut und schnell spreche, 103 Sec. (6 Beobachtungstage). In dreien dieser Tage waren unmittelbar vor der Vorlesung Messungen gemacht worden mit dem hohen Durchschnittswerth von 190 Sec. (gegen 153 der Tab. II) um 9^h und 100 Sec. um 10^h.

Einfluss der Körperbewegung.

Versuch 62 zeigt, dass schon eine kurz dauernde Anstrengung weniger Muskelgruppen die Zehrung alsbald steigert.

Für 12^h Mittags ist (s. Tab. II) der Zeitwerth 160 Sec., wenn in den vorhergehenden Stunden der Körper sich ruhig verhalten hatte. Drei Tage mit dem oben erwähnten, je etwa einstündigen und mit geringer Muskelanstrengung verbundenen, Ausgang bieten für 12^h (nach der Rückkehr) einen Zeitwerth von 143 Sec. im Mittel. Wenn ich anders den wenigen Beobachtungen und dem geringen Unterschiede einen Werth beilegen darf, so würden auch diese Erfahrungen den bekannten Satz bestätigen, dass die Körperbewegung eine auch auf die unmittelbar nachfolgende Ruhezeit sich erstreckende Umsatz beschleunigende Wirkung hat.

Beobachtungen während des Gehens wurden mehrere angestellt.

Am 27. Mai beobachtete ich, 2^h 26′, kurz vor dem Gehen, 105 Sec.; während des darauffolgenden 1½stündigen Spazierganges fiel der Zeitwerth im Mittel aus drei Versuchen auf 57 Sec.

Am 30. Mai hatte ich 120 Sec. kurz vor dem Gehen (2^h 43′); beim anhaltenden Steigen von 2^h 47′ — 3^h 15′ erhielt ich 60 Sec., denselben Werth beim Herabsteigen 3^h 34′ — 3^h 54′. Für die dazwischen fallende 14minutliche Ruhezeit ergeben sich 102 Sec., also immer noch weniger als vor dem Gehen.

In den beiden soeben erwähnten Fällen war der Körper vor dem Ausgange vollkommen ruhig; am 29. Mai erhielt ich 3^h 15′, nachdem ich vorher über eine Stunde im Zimmer meist stehend zugebracht hatte, 75 Sec.; während des bald darauf beginnenden 65 Min. dauernden Spazierganges sank der Zeitwerth auf 60 Sec., später stieg er erheblich. Weitere Erfahrungen werden also darüber entscheiden müssen, ob die Bewegung im Freien die Zehrung wirklich nicht steigert, wenn der Körper bereits vorher im Zimmer sich nicht ruhig verhalten hat.

Am 7. Juni prüfte ich den Einfluss des Gehens in der Vormittagszeit. Kurz vor dem Ausgehen (10^h 3′) war der Zeitwerth 150 Sec. (s. Vers. 98); in drei während des 36 Minuten dauernden Gehens angestellten Messungen fiel der Werth auf 53 Sec. im Mittel; in der darauffolgenden kurzen Ruhezeit von 12 Min. stieg er auf 67 Sec. (im Mittel auf vier schnell auf einander folgenden Messungen); während der, wiederum 36 Min. dauernden, Heimkehr

betrug der Werth, im Mittel aus drei Messungen, 61 Sec. Auch hier (Nr. 102 und 103) wurde, wie in Nr. 53 des 30. Mai, im Anfang der Ruhezeit ein grösserer Werth als später gefunden; die sparsamen Erfahrungen berechtigen natürlich noch zu keinem sicheren Schlusse. Man sieht, dass die Vormittagsbewegung die Sauerstoffzehrung erheblich mehr beschleunigt als die Nachmittagsbewegung; da nun Vormittags die Sauerstoffzehrung im ruhenden Körper erheblich langsamer von Statten geht als Nachmittags, so glaube ich behaupten zu dürfen, dass die Stoffwechsel beschleunigende Wirkung der Körperbewegung dann am grössten ist, wenn die letztere den Organismus im Zustand eines geringeren Sauerstoffbedürfnisses trifft.

Sämmtliche Messungen des 11. Juni, an welchem ich einen kleinen Ausflug machte, bestätigen des Weiteren den grossen Einfluss der Körperbewegung auf die Sauerstoffzehrung.

Einfluss des Wohlbefindens.

Seit einer langen Reihe von Jahren bin ich niemals eigentlich krank gewesen. Leichte, vorübergehende Störungen des Befindens, die jedoch meine gewohnte Lebensweise gewöhnlich nicht alteriren, kommen aber dann und wann vor; während der vorliegenden Versuchsreihe war dieses besonders häufig der Fall. Derartige Störungen sind immer mit einer deutlichen Steigerung der Sauerstoffzehrung verbunden. Am 7. Juni Abends 5^h, bei „Müdigkeit und eingenommenem Kopf", fallen die niederen Werthe (75 und 90 Sec.) auf; am folgenden Tag, nach schlechtem Schlaf, zeigen die Vormittagsstunden auffallend kleine Werthe, obschon ich mich noch wohl fühlte; ein deutliches Unwohlsein Nachmittags ist bis in die Abendstunden hinein, die Besserung brachten, von sehr niederen Werthen begleitet. Die auffallend kleinen Zahlen am Vormittag des 8. Juni glaubte ich auf den Aufenthalt im Freien (Gartenhaus) beziehen zu müssen; offenbar aber waren sie die Vorläufer des leichten Unwohlseins in den Nachmittagsstunden.

Am 10. Juni sind bei 8 und 9^h wiederum kleine Beschwerden verzeichnet, ebenfalls mit ziemlich gesteigerter Sauerstoffzehrung;

ein Ausgang brachte Besserung und eine Abnahme der Sauerstoffzehrung.

Die Tagescurve unseres Phänomens verläuft übrigens, wie der Vergleich mit Tabelle II zeigt, auch beim Unwohlsein in einer dem Normalen entsprechenden Weise. Die, absolut geringen, Werthe sinken vom Aufstehen an gegen die Mittagsstunde, besonders stark aber später in Folge der Hauptmahlzeit und steigen gegen Abend wieder. Die nachfolgenden Zahlen geben die Endmittel aus zwei Tagen.

Unmittelbar nach Erwachen . .	170 Sec.	11h	115 Sec.
½ Stunde später (nach dem Waschen) um 7h 30′ . .	145 „	12	100 „
8h	130 „	1	72 „
9	115 „	2	70 „
10	97 „ (worunter ein Tag mit Vorlesung)	3	40 „ (bloss 1 Tag)
		4	42½ „
		5	50 „
		6	45 „
		7	60 „

Nach Abschluss meiner Beobachtungen wurde ich am 24. Juni in stärkerem Grade unpässlich, was zu weiteren Messungen (von Nr. 171 an) anregen musste. Während des Unwohlseins und der darauffolgenden Tage, in denen ich mich allmählich erholte, d. h. vom 25. bis 30. Juni kommen auffallend niedere Werthe vor. Mit der (am 1. Juli beginnenden) entschiedenen Besserung erhöhen sich die Werthe wieder.

Einfluss der willkürlich veränderten Athmung.

In vier Versuchen am 30. Mai und 6. Juni wurden dreimal in je 2 Minuten 100 resp. 85 und in einem Versuche in 1 Minute 60 möglichst tiefe Athemzüge gemacht. Ohne Ausnahme erhöhte sich die Zeit, innerhalb welcher die zwei Absorptionsbänder verschwanden, sehr erheblich. Die Dauer der Sauerstoffzehrung war in den

entsprechenden vier Normalversuchen 2′ 34″, in den vier Versuchen mit stark beschleunigtem Athmen aber 3′ 30″. Die häufigen Athemzüge führen also offenbar dem Blute vorübergehend mehr Sauerstoff zu; die Gewebe empfangen dann einen grösseren Sauerstoffvorrath — dessen mögliches Maximum sehr rasch erreicht ist —, so dass sie den Sauerstoff des Blutroths weniger schnell als unter gewöhnlichen Bedingungen in Beschlag nehmen müssen. Diese und die nächstfolgenden Versuche, die ich vor 35 Jahren (in meiner Physiologie des Athmens) ohne allzugrosse Beschwerden anstellen konnte, fielen dem nunmehr Sechzigjährigen so schwer, dass sie bedeutend beschränkt werden mussten.

Wurde der Athem 20—30 Sec. vorher angehalten (eine noch längere Suspension, die ich ehedem selbst bis auf 100 Sec. verlängern konnte, ist mir nicht möglich gewesen), so erhielt ich in drei Versuchen ausnahmslos eine sehr erhebliche Abkürzung der Sauerstoffzehrung. Der Mittelwerth für die zwei unmittelbar vorangegangenen Normalbeobachtungen war 2′ 47½″, für die drei Versuche mit Athmungshemmung aber bloss 1′ 36¾″. Während der auch nur sehr kurz dauernden Athmungshemmung wird also sehr schnell der *O*-Vorrath der Gewebe verzehrt und ein erheblicher Theil des Oxyhämoglobulin reducirt, so dass die beiden Sauerstoffabsorptionsstreifen nach erfolgter Sistirung des Blutlaufes viel rascher verschwinden müssen als unter normalen Verhältnissen.

Beobachtungen an anderen Individuen.

Es war mir bei diesen ersten spectroskopischen Messungen der Sauerstoffzehrung im lebenden Gewebe vor allem um den Nachweis der Wirkung einiger besonders maassgebender physiologischen Einflüsse zu thun; ich habe deshalb nur die folgenden sparsamen Bestimmungen der Stärke der Sauerstoffzehrung an Anderen gemacht, aus denen übrigens mit Sicherheit hervorgeht, dass in jungen Individuen der Vorgang erheblich beschleunigt ist.

	Alter	Stunde	Zeitwerthe in Secunden	Bemerkungen
1) Knabe	2 3/4 Jahre	2h	60 50	Sehr blühend und kräftig.
2) "	4 1/2 "	5	75	Kräftig.
3) "	10 "	8h 30′	90 90	Schwächlich und blass.
4) Mädchen . . .	10 "	4	80	Blühend
5) Stud. M. . . .	21 "	12	120	Mager. Arbeitete von 8 bis 11h stehend, von 11 bis 12h sitzend im Institut.
6) Stud. N. . . .	22 "	8 Vorm.	160	Kräftig.
7) Institutsdiener Nagel . . .	44 "	12	90	Von 6h an im Institut gehend oder stehend beschäftigt, im Ganzen kaum 1/2 Stunde gesessen.

Schliesslich haben wir uns noch Rechenschaft zu geben über die Versuchsbedingungen und den durch diese hervorgerufenen Zustand des spectroskopisch beobachteten Körpertheils. In letzterem wird der Blutlauf augenblicklich unterbrochen und sodann die Zeit bestimmt, nach welcher die beiden vorher sehr deutlich sichtbaren Absorptionsbänder des Sauerstoffhämoglobulin völlig verschwunden sind.

Die plötzliche Umschnürung bringt den localen Blutlauf alsbald zur Ruhe. Legt man einen Faden um den Oberschenkel des Frosches, so dass dieser nur schwach zusammengeschnürt wird, so stockt die Blutbewegung in der Schwimmhaut augenblicklich; öffnet man die Ligatur, so beginnt das Blut sogleich wieder zu fliessen. Bei Organismen mit starkem Blutdruck ist aber zu erwarten, dass noch eine sehr kurze Zeit nach Anlegen der Ligatur ein sehr verlangsamtes Fliessen aus der Arterie in die Venen stattfindet, bis die Druckunterschiede sich ausgeglichen haben. Poiseuille hat hierüber Versuche angestellt. Die zusammenschnürende Wirkung des Kautschukbandes trifft offenbar zuerst die Venen und erst einen Augenblick später die Arterien; der Theil wird also etwas

stärker als normaliter mit Blut gefüllt, auch müssen, indem die Venen aus der angegebenen Ursache auf Kosten der Arterien sich mit Blut füllen, die Capillaren blutreicher werden als normaliter. Die farblose Wandschicht in letzteren ist nunmehr verschwunden, so dass die Blutkörperchen das ganze Capillarlumen erfüllen. Aus diesen Gründen wird der Finger, namentlich das dritte Glied desselben, alsbald nach der Umschnürung deutlich röther.

Innerhalb der kurzen Versuchszeit, um die es sich hier überhaupt handelt, kann der Gaswechsel zwischen dem Parenchym und dem Blute offenbar nur auf das Capillarblut sich erstrecken; ein Wandern des in den kleinen Arterien enthaltenen Sauerstoffs in die Capillaren und von da ins Parenchym kann unmöglich stattfinden. Dass das Oxyhämoglobulin der abgeschnürten kleinen Arterien bei unserem Versuch der Dissociation nicht anheimfällt, beweist die Erfahrung, dass sogleich nach Wegnahme der Ligatur die zwei Absorptionsstreifen in Folge des Nachrückens des Blutes aus den kleinsten Arterien in die Capillaren wieder auftreten. Noch beweisender ist folgender Versuch. Ich umschnürte einen Finger und liess durch einen Gehilfen gleichzeitig den Vorderarm etwas über dem Handgelenk mit einem breiten Kautschukband fest umschnüren. Nachdem die zwei Absorptionsstreifen verschwunden waren, wurde die Fingerligatur geöffnet, während die andere Ligatur noch liegen blieb. Die zwei Absorptionsstreifen traten mit derselben, fast augenblicklichen, Geschwindigkeit wieder auf, wie bei der gewöhnlichen Versuchsweise mit bloss einer Umschnürung.

Da die Dissociation des Sauerstoffhämoglobulin durch das Sauerstoffbedürfniss der Gewebe bedingt wird und mit einem gewissen Recht angenommen werden könnte, dass dieses Bedürfniss im Verlauf der kurzen Versuchszeit keiner wesentlichen Veränderung unterliege, so könnte gefolgert werden, dass der Uebergang des Sauerstoffs in die Gewebe in den Einzelphasen des Versuchs mit gleicher Geschwindigkeit erfolge. Dagegen sprechen aber meine Zeitmessungen (am 30. Mai) bei vorher gehemmtem Athmen. Die (mittlere) Normalzeit betrug 167 Sec.; wurde unmittelbar vor der Umschnürung der Athem 20 — 30 (im Mittel 25) Sec. angehalten, so verschwanden (im Mittel aus drei Versuchen) die beiden Absorptions-

streifen schon nach 97 Sec. Diese Erfahrung spricht dafür, dass die Dissociation in der ersten Zeit des Versuchs viel schneller erfolgt als später; man kann sich in der That direct überzeugen, dass die beiden Absorptionsbänder zu Anfang des Versuchs viel rascher sich verändern, d. h. heller und weniger breit werden als später.

Unser Phänomen wird abhängen müssen: 1) von dem wechselnden Sauerstoffbedürfniss der Gewebe; 2) von dem Hämoglobulingehalt und der Menge des in dem abgeschnürten Theil — resp. den Capillaren des letzteren — enthaltenen Blutes. Den Hämoglobulingehalt können wir mittelst der quantitativen Spectralanalyse rasch und sicher bestimmen, nicht aber die Blutmenge. Jedenfalls aber ist sicher, dass sowohl der Hämoglobulingehalt als die Blutmenge bei weitem nicht in dem Grade wechseln als das Sauerstoffbedürfniss der Gewebe. Wir haben es also bei unseren Messungen immerhin mit leidlich umgrenzbaren Bedingungen zu thun, so dass die in verschiedenen physiologischen und pathologischen Zuständen gewonnenen Versuchsergebnisse unter sich mit Sicherheit verglichen werden können. Dafür spricht schon unsere Erfahrung, dass gewisse Einflüsse: Verdauung, Muskelthätigkeit, anhaltendes Sprechen, Athemhemmung, gesteigerte Athembewegungen u. s. w., von regelmässig wiederkehrenden und verhältnissmässig starken Wirkungen auf die, spectroskopisch nachweisbare, Sauerstoffzehrung begleitet sind.

Die Versuchsergebnisse sind aber nicht bloss unter sich einfach vergleichbar, sondern sie entsprechen auch annähernd den über den absoluten Sauerstoffverbrauch des Körpers bekannten Thatsachen. In den Capillaren des umschnürten Körpertheils ist die Dissociation des Sauerstoffhämoglobulin vollendet nach ungefähr 2 *Min.*, also in derselben Zeit, in welcher die Unterdrückung der Athmung bereits die allerschwersten Erscheinungen im Gesammtorganismus herbeiführt.

Die respiratorische Sauerstoffzufuhr des erwachsenen Menschen beträgt in 24 Stunden $750^{g} = 524000^{ccm}$ reducirt auf 0^{0}. Für 5^{kg} Blut wäre ein Sauerstoffgehalt von gegen 1000^{ccm} (nicht ganz 20 Volumproc.) anzunehmen, wenn der Sauerstoffgehalt des arte-

riellen Blutes einseitig zu Grunde gelegt werden wollte. Dann würde in 24 Stunden das Blut seinen Sauerstoffvorrath 524 mal, d. h. nach je 165 Sec. vollständig erneuern. Die oben angenommene Zahl für den Sauervorrath des Blutes ist aber zu hoch, indem das Venenblut (für welches wir keine zuverlässigen Mittelwerthe besitzen) erheblich ärmer an *O* ist. Würde der jeweilige Sauerstoffvorrath des Blutes auf etwas über 700 ccm beziffert, so hätten wir 720 völlige Erneuerungen desselben in 24 Stunden, d. h. nach ungefähr 2 Min. würde der vorhandene Sauerstoff nahezu aufgezehrt sein.

Ueber den Einfluss des Bodens auf die Zersetzung organischer Substanzen.

Von

Dr. **J. Soyka,**

Privatdocent und Assistent am pathologisch-anatomischen Institute zu Prag.

Die hygienische Bedeutung des Bodens, seiner Beziehungen zum menschlichen Organismus, kann, Dank den Forschungen der neueren Zeit, als eine gesicherte Thatsache betrachtet werden; der Einfluss einer gewissen natürlichen oder auch künstlich herbeigeführten Bodenbeschaffenheit, gewisser, häufigem Wechsel unterworfener Vorgänge innerhalb des Bodens sind als von grosser medicinischer, besonders epidemiologischer Tragweite erkannt worden. Wenn trotzdem noch in ätiologischen Fragen von mancher Seite diese Verhältnisse nicht genügend gewürdigt werden, wenn die auf diesem Gebiete gewonnenen Erfahrungen und Beobachtungen zum Theil unterschätzt, zum Theil missdeutet werden, so liegt vielleicht die Ursache mit darin, dass es bisher noch nicht immer möglich ist, die einzelnen mitwirkenden Factoren genau zu sondern und nach ihrer Wirkungsweise bestimmt zu präcisiren. Wohl geht schon mit Sicherheit hervor, dass die physikalische Beschaffenheit des Bodens, seine Durchfeuchtung, besonders mit Rücksicht auf die sich ergebenden Schwankungen, die Temperatur, ferner gewisse Beimengungen aus dem Reiche des Organischen und mehreres Andere Factoren sind, die in der Aetiologie einzelner Infectionskrankheiten eine wesentliche Rolle spielen, die hier zu einer der wichtigsten Hilfsursachen werden können. Da wäre es denn offenbar von der grössten Bedeutung, zu erforschen, in welcher Weise eigentlich jeder dieser Umstände zu wirken vermag, wie, worin sich dessen Einfluss

äussert. Das directe Studium dieser Frage stösst aber bisher auf grosse, kaum zu überwindende Schwierigkeiten. Der Boden ist ein so vielfach complicirtes Ganze, dass es schwer genug wird, die einzelnen Agentien in demselben nur herauszufinden, geschweige denn den einem jeden von ihnen allein zukommenden Effect isolirt zu studiren.

Es ist deshalb nicht bloss gestattet, sondern auch wissenschaftlich geboten, sich auf Umwegen dem Ziele zu nähern, die einzelnen Factoren des Bodens gesondert in ihren anderweitigen Wirkungsweisen nach möglichst vielen Richtungen hin zu erforschen, um aus dem sich so häufenden Material Schlussfolgerungen zu gewinnen, die vielleicht auch für unsere so wichtige Frage Geltung besässen.

In vorliegenden, auf Anregung von Geheimrath Prof. v. Pettenkofer in dessen Institute zu München vorgenommenen Untersuchungen ist denn versucht worden, auf indirectem Wege sich unseren Fragen zu nähern, insofern als dieselben sich das Studium der Veränderungen organischer Substanzen unter den verschiedenen und wechselnden Einflüssen des Bodens zur Aufgabe gemacht. Diese Art der Fragestellung umfasste noch einen weiteren hygienischen Gesichtspunkt, da in ihr auch die Frage nach dem Schicksal der in den Boden gelangenden Abfallstoffe des menschlichen Hausrathes enthalten ist; andererseits aber tritt sie durch dasselbe Untersuchungsmaterial in innigere Beziehungen zu unserer grossen Hauptfrage, dem Zusammenhange zwischen Bodenbeschaffenheit und dem Auftreten gewisser Epidemien: einmal dadurch, dass wir gezwungen sind, in den den Boden verunreinigenden Abfallstoffen organischer Natur eines der günstigsten Substrate zu sehen, unter dessen Mitwirkung die in den Boden gelangenden Krankheitskeime sich zu vermehren und zu ihrer specifischen Wirksamkeit sich zu entwickeln vermögen, sodann aber, indem wohl vielfach in und mit diesen Stoffen die specifischen Krankheitskeime selbst dem Boden zugeführt werden.

Bei diesen Versuchen wurde nun vorzüglich auf die stickstoffhaltigen organischen Substanzen Rücksicht genommen, ihre Anwesenheit scheint ja gerade die Entwicklung gewisser Infections-

keime zu begünstigen[1]); sodann aber finden wir unter deren Zersetzungsproducten in letzter Reihe einen Körper, die Salpetersäure, deren Auftreten wir als eine Art natürlicher Endreaction betrachten können und die durch ihr Erscheinen uns zugleich einen Fingerzeig giebt, dass die in Rede stehenden Substanzen eine derartige Metamorphose durchgemacht haben, dass wir sie nun als für unsere Gesundheit unschädlich ansehen können.

Die Anordnung der Versuche war derart getroffen, dass der zu untersuchende Boden vollständig isolirt und gereinigt, in Glasröhren oder Glasflaschen eingefüllt und sodann mit der zu nitrificirenden Substanz, meist Harn von bestimmter Concentration, durchtränkt wurde. Hierbei wäre vor Allem die chemische Beschaffenheit des Bodens zu berücksichtigen gewesen. Es liegen hierüber bereits einige Angaben in der Literatur vor, die diese Frage berühren, so besonders die Untersuchungen über die Zusammensetzung des Bodens in den natürlichen Salpeterfundorten; bezüglich dieser führt Boussingault[2]) als eine vom Klima unabhängige, geologische Bedingung die Anwesenheit von Trümmern von Feldspatfelsen an, die durch ihren Kaligehalt zur Wirkung kommen sollen. Aehnlich stellt Millon[3]) als nothwendige Forderung zur raschen Salpeterbildung die Anwesenheit kohlensaurer Alkalien oder besser eines Gemenges derselben mit einer kohlensauren Erde auf. Von Fittbogen[4]) ist dieser Einfluss auch quantitativ festgestellt worden, indem er die Veränderungen studirte, welche der organische Stickstoff des Moorbodens unter dem Einflusse verschiedener als Düngungs- und Meliorationsmittel gebräuchlicher Substanzen erfährt. Aus diesen Untersuchungen ergab sich dann, dass das Maximum der Salpetersäurebildung bei Anwesenheit von kohlensaurem Kali eintrete; diesem folgt in absteigender Reihe kohlensaurer Kalk, sodann gebrannter Kalk, gebrannte Magnesia; das Minimum wurde erzielt bei kalkfreiem Quarzsand.

---

1) Pettenkofer, Boden und Grundwasser in ihren Beziehungen zu Cholera und Typhus. Zeitschr. f. Biologie Bd. V S. 282.

2) Comptes rendus T. LIX p. 218.

3) ibid. T. XLI.

4) Landw. Jahrb. 1874.

In unserer Versuchsanordnung kam zumeist der zum grössten Theil aus kohlensaurem Kalk bestehende Münchener Kies zur Anwendung, wodurch für die weiteren vergleichenden Untersuchungen eine feststehende Bedingung geschaffen wurde; es konnte jedoch festgestellt werden, dass auch ohne diese chemischen Bedingungen im Boden die Nitrification einzutreten vermag, wenn auch etwas verspätet. Schon Goppelsroeder[1]) hat den Nachweis geliefert, dass in dem sich selbst überlassenen, von fremden Beimischungen freien Harn allein nach Ablauf eines Tages bereits eine ziemliche Menge von Nitriten auftrete und nach längerer Zeit reichliche Mengen Nitrate sich zeigen. Ein ähnliches Verhalten constatirte er auch bei festen Excrementen, bei dem mit Wasser befeuchteten, der Luft ausgesetzten Guano. Diese Versuche, die mit analogem Erfolge von mir angestellt wurden, zeigen demnach, dass die zu nitrificirende Substanz die Basis für die in Bildung begriffene Salpetersäure selbst zu liefern im Stande sei, dass sie nicht erst von aussen zugesetzt werden müsse. Wie wenig übrigens der kalkhaltige Boden an und für sich den Process der Nitrification zu begünstigen vermag, vorausgesetzt dass die anderen wesentlicheren Bedingungen entfernt sind, zeigt folgender Versuch. Es wurden drei Glasröhren mit Glassplittern von annähernd gleicher Korngrösse gefüllt. Röhre I erhielt weiter keinen Zusatz, Röhre II etwas von unserem gepulverten kalkhaltigen Boden, der gut ausgewaschen und vollständig ausgeglüht war, Röhre III einen ähnlichen Zusatz, der jedoch nicht geglüht worden war. In jeder dieser Röhren wurde der Boden täglich mit stets derselben Harnprobe übergossen und letztere wieder ablaufen lassen, nachdem sie mittelst der Brucinreaction auf Salpetersäure geprüft worden war.

Röhre	gefüllt mit	Erstes Auftreten von Salpetersäure
I	mit Glassplittern allein	nach 6 Wochen
II	" " und geglühtem Boden	"
III	" " und ungeglühtem Boden	nach 8 Tagen

1) Verhandl. d. Naturforschergesellsch. in Basel 1861 Bd. III S. 252.

Die vorliegende kleine Tabelle zeigt nun, dass der unveränderte kalkhaltige Boden dem künstlichen aus Glassplittern zusammengesetzten in seiner nitrificirenden Fähigkeit weit überlegen ist, dass dieselbe aber nicht etwa dem Kalk zuzuschreiben ist, indem sie nach einfachem Glühen schon der des Glases vollkommen gleich kommt, und bezüglich des Zeitpunktes, in dem die Salpetersäure zum ersten Male nachgewiesen werden konnte, nicht wesentlich von jenem differirte, in welchem ohne jeden Zusatz im Harn allein die Nitrification sich eingestellt hatte. Nur sei noch erwähnt, dass bei Anwesenheit von Kalk wenigstens ein Theil der Salpetersäure als an denselben gebunden sich nachweisen liess. Es wird später noch gezeigt werden, dass man auch bei Anwesenheit von Kalk und Alkalien die Nitrification auf einfache Weise verhindern kann; die hier gewonnenen Resultate stehen denn auch in Uebereinstimmung mit den Resultaten der englischen Versuche, die bei Behandlung des Canalwassers mit Kalkhydrat keine Umwandlung von Ammoniak in Salpetersäure erzielen konnten[1]).

Bezüglich des Einflusses anderweitiger chemischer Körper, auch organischer Natur, liegen sodann noch die experimentellen Untersuchungen von Boussingault[2]) mit Cellulosezusatz vor, der keinerlei Einwirkung auf den fraglichen Process erkennen liess.

Von hohem Interesse schienen sodann die Wirkungen, die gewisse physikalische Eigenschaften auf den in Rede stehenden Vorgang zu üben vermochten. Wir waren in diesen Versuchen aus den schon oben erörterten Gründen bestrebt, die einzelnen Factoren so viel als möglich zu isoliren, um genau über die jedem einzelnen zukommende Wirkung informirt zu werden, wie dies auch schon Schlösing[3]) bei der Nitrification bezüglich der Wirkung des Sauerstoffs, der Temperatur und der Feuchtigkeit unternommen.

Zuerst wurde der Einfluss der gewissen dem Boden zukommenden Porosität ins Auge gefasst. Allerdings müssen wir uns

---

1) Reinigung und Entwässerung Berlins. First Report etc., deutsch von O. Reich.

2) Sur la nitrification de la terre végetale. Comptes rendus T. LXXVI p. 22.

3) Comptes rendus T. LXXVII p. 203.

hierbei über den Begriff erst verständigen. Ein jeder Boden, wie er in der Natur vorkommt, muss als porös angesehen werden, er enthält eine gewisse Anzahl Hohlräume, die im trockenen Zustande mit Luft gefüllt sind und seine Porosität repräsentiren. Der Grad der Porosität hängt nun einestheils von der Grösse, anderentheils von der Zahl dieser Hohlräume ab. Für unsere Zwecke können wir vorläufig als ziemlich gleichgiltig ansehen, ob diese Porosität in der Weise zum Ausdruck kommt, dass innerhalb eines in mächtigen ununterbrochenen Lagern vorkommenden Bodens, der ein vollständig zusammenhängendes Ganze bildet, sich jene feineren und gröberen Spalten und Lücken finden, wie z. B. gewisse Felsen (Malta), dass also die den Boden constituirenden Stoffe selbst eine gewisse Porosität besitzen, oder ob es sich um einen Boden handelt, der aus einem ziemlich porenarmen homogenen Material besteht, in dem aber dieses nur in Form kleiner isolirter Partikelchen vorkommt, die durch ihre lose Aneinanderlagerung allenthalben Zwischenräume zwischen sich lassen. In jenen Fällen, wo wir eben den Boden als Ganzes betrachten, müssen wir einen solchen Boden, auch wenn das Material, die Gesteinsart fast porenfrei wäre, doch nur als sehr porös ansehen. Dieselbe Betrachtung des Bodens in seiner Totalität lässt uns aber noch ein weiteres Verhältniss ins Auge fassen, besonders mit Rücksicht auf unsere Aufgabe. Bei der Betrachtung der die Hohlräume des Bodens ausfüllenden Stoffe kommt vorzüglich das Verhältniss zwischen Luft und Flüssigkeit in Betracht; dies kann nun nach einer Seite hin derart alterirt werden, dass sämmtliche Luft aus den Hohlräumen des Bodens verdrängt wird und diese vollständig mit Wasser gefüllt sind. Einen solchen Zustand des Bodens, wo alle Poren mit Flüssigkeit gefüllt sind, können wir einer völligen Aufhebung der Porosität gleich setzen, und dies um so eher, wenn wir wieder den Boden als Ganzes auffassen, in dessen Zusammensetzung nun das Wasser mit eingetreten ist. Wir haben dann einen Boden, in welchem überall an Stelle der Poren ein nicht poröser Körper getreten ist, und wollen wir also in der Folge für jenen Zustand des Bodens, in welchem derselbe von Flüssigkeit vollkommen durchtränkt ist, den Ausdruck der „Aufhebung der Porosität“ gebrauchen.

Die Versuchsanordnung war hier analog wie die auf Seite 452 geschilderte. Der zu untersuchende Boden wurde in 50—150^{cm} hohe, 1—4^{cm} im Durchmesser fassende Glasröhren gefüllt und, nachdem das untere Ende verschlossen worden, der zu nitrificirende Harn täglich einmal aufgegossen und nach einiger Zeit wieder abfliessen gelassen. Auf diese Weise blieben die etwa vorhandenen capillaren Lücken mit Harn gefüllt, während in die übrigen Hohlräume wieder Luft eintrat. Gleichzeitig wurde durch diese Anordnung die im Boden zurückgebliebene Flüssigkeit täglich wieder weggespült, in der Gesammtmenge vertheilt und neue Mengen derselben dem Boden zugeführt uud zurückbehalten.

Parallel mit diesen Versuchen wurden sodann gleiche Quantitäten desselben Bodens in Flaschen gefüllt und mit demselben Harn übergossen, so dass alle Hohlräume vollständig mit demselben ausgefüllt waren.

Es ergab sich vor Allem eine deutliche Differenz bezüglich der Zeit, in welcher die ersten Mengen von Salpetersäure nachgewiesen werden konnten, wie aus folgender Tabelle ersichtlich ist.

Versuchsflüssigkeit	Erstes Auftreten von Salpetersäure unter Mitwirkung der Porosität	Erstes Auftreten von Salpetersäure nach Aufhebnng der Porosität
Harn 10fach verdünnt	am 7. Tage	am 23. Tage
„ 100fach „	„ 5. „	„ 27. „

Wir sehen eine bedeutende Beschleunigung bezüglich des Eintrittes unserer Endreaction, die offenbar zum grossen Theil mit der Art der Vertheilung der Flüssigkeit zusammenhängt, indem bei Mitwirkung der Porosität ein Theil der Flüssigkeit durch seine Ausbreitung auf einen möglichst grossen Raum eine bedeutende Oberflächenvermehrung erfährt und auch der Einwirkung des Sauerstoffs einen grossen Angriffspunkt bietet, abgesehen auch von der noch später zu erwähnenden grösseren Verdunstung.

Wir haben hier das Auftreten der Salpetersäure als Versuchsabschluss betrachtet; wir können aber dieselben Vorgänge an einem anderen Oxydationsproducte des Stickstoffs, der salpetrigen

Säure zeigen. Wir haben diese letztere in unseren Versuchen wohl als eine Vorstufe der Salpetersäure zu betrachten. Schon Schönbein[1]) erklärt, besonders mit Rücksicht auf die sogenannte spontane Nitrification, dass verschiedene Umstände darauf hindeuten, dass der Bildung eines Nitrats diejenige eines Nitrits vorangehe, und findet hierfür auch einen Beleg in dem constanten Vorkommen von Nitriten im Chilisalpeter; ferner macht Goppelsroeder[2]) darauf aufmerksam, dass der erste Mauerkalk nur Nitrite und keine oder nur Spuren von Nitraten enthält, dass Harn, feste Excremente nach kurzer Zeit bereits Nitritreaction und erst nach mehreren Tagen die von Nitraten geben.

Auch unsere Versuche zeigten eine ähnliche Aufeinanderfolge; doch sei noch bezüglich des Auftretens von Nitriten und Nitraten im Harn des auch schon von Schönbein hervorgehobenen Factums Erwähnung gethan, dass bereits normaler Weise im frischen Harn Nitrate vorkommen können, die aber allmählich in Nitrite sich umwandeln und schliesslich mit diesen vollständig verschwinden, wobei es sich um einen unter Mitwirkung der Fäulnissorganismen eingeleiteten Reductionsvorgang zu handeln scheint, wofür die Beobachtungen Meusel's[3]) sprechen, und was auch dadurch gestützt werden konnte, dass diese Veränderung unterblieben, wenn man den Harn vor Fäulniss bewahrte, z. B. durch Kochen und sorgfältige Abhaltung aller Keime in der Luft, was durch einen Baumwollverschluss leicht erreicht werden konnte, ohne dass hierdurch der Luftzutritt aufgehoben worden wäre. Nehmen wir nun Harn, in dem in Folge der hier geschilderten Vorgänge die Nitrate und Nitrite verschwunden sind, oder solchen, der überhaupt frei von denselben ist, so tritt an der Luft unter verschiedenen Umständen, nach verschiedener Zeit, im Ganzen aber ziemlich rasch Bildung von Nitriten auf, die eine Zeit lang persistiren, manchmal allerdings auch wieder auf kurze Zeit verschwinden, schliesslich jedoch an Menge zunehmen, bis sich nach etwas längerem Zeitraum auch

---

1) Verhandl. d. naturf. Ges. Basel 1863 Bd. III.
2) a. a. O.
3) Ber. d. chem. Ges. 1875 S. 1214.

Nitrate nachweisen lassen. Von da an zeigen sich in dem Vorhandensein der Nitrite grosse Schwankungen: sie können an Menge zunehmen, aber auch sich vermindern und selbst ganz verschwinden, wohl je nachdem ihre Umwandlung in Nitrate rascher oder langsamer erfolgt; vielleicht kann in einzelnen Fällen auch wieder an eine zeitweilige Reduction zu Ammoniak gedacht werden.

Das Verhalten mit Rücksicht auf die Porosität war folgendes:

Versuchsflüssigkeit		unter Mitwirkung der Porosität	nach Aufhebung der Porosität
Harn 10fach verdünnt	Erstes Auftreten von Nitriten	am 5. Tage	am 23. Tage
	Erstes Auftreten von Nitraten	„ 7. „	„ 33. „
Harn 100fach verdünnt	Erstes Auftreten von Nitriten	„ 5. „	„ 10. „
	Erstes Auftreten von Nitraten	„ 5. „	„ 27. „

Wir sehen also bezüglich der salpetrigen Säure ein ganz analoges Verhalten wie bei der Salpetersäure; es zeigt sich dann auch noch die Beschleunigung, die unter der zur Geltung kommenden Porosität in diesen Oxydationsvorgängen sich kundgiebt, an dem Zeitraum, der zwischen Nitrit- und Nitratbildung verfliesst: während ohne Mitwirkung der Porosität dieses Intervall in unseren Versuchen 10 beziehungsweise 17 Tage beträgt, verringert es sich beim Zurgeltungkommen der letzteren auf 2 Tage und resp. verschwindet sogar vollständig. (Die Reaction auf Nitrite geschieht mit Jodzinkstärkelösung und verdünnter Schwefelsäure.)

Tritt nun in diesen Versuchen der Einfluss der Porosität oder vielmehr der durch sie bedingten und von ihr abhängigen Wechselwirkung zwischen Luft und Flüssigkeit deutlich zu Tage, so schien es doch wünschenswerth, dieses Verhalten noch weiter zu verfolgen, die einzelnen Factoren noch schärfer zu begrenzen und womöglich ihren Einfluss quantitativ zu bestimmen. Dies schien zum Theil dadurch erreichbar, dass ich Bodenarten verschiedener Porosität,

sonst jedoch von gleicher Beschaffenheit, gleicher Zusammensetzung auf ihre nitrificirende Fähigkeit untersuchte. Die Anordnung wurde demnach derart getroffen, dass die schon erwähnten Glasröhren mit Kies gefüllt wurden, der sorgfältig durch Sieben nach seiner Grösse sortirt war, so dass jede Röhre nur Boden von derselben Korngrösse enthielt. Die Grössen, die hierbei in Verwendung kamen, waren:

Nr.	I	Korn von	4 — 6	mm Durchmesser
„	II	„ „	2 — 4	„
„	III	„ „	1,24 — 2	„
„	IV	„ „	0,62 — 1,24	„

Vor Allem musste es sich darum handeln, die Porosität zu bestimmen; hierbei konnten die von den Agriculturchemikern gemachten Erfahrungen mit Erfolg benutzt werden. Bei den früheren Bestimmungen der Porosität hatte sich das etwas befremdende Resultat ergeben, dass die Differenzen in derselben bei verschiedenen Korngrössen nur ganz unbedeutende waren und zwischen sehr engen Grenzen schwankten (in unserem Falle zwischen 35—38 Volumprocent). Allerdings repräsentirten diese Werthe wirklich die Summe sämmtlicher Poren des Bodens; sie wurden erhalten, wenn man die Menge der Flüssigkeit bestimmte, die bei gehindertem Abfluss von dem Boden aufgenommen werden kann. Schon unsere Versuchsanordnung führt uns aber dazu, auf ein besonderes Verhältniss in der Porosität zu achten. Wie erwähnt, wurde der Boden in den Glasröhren mit dem Harn übergossen und der grösste Theil abfliessen gelassen. Auf diese Weise verblieb im Boden eine gewisse Menge Flüssigkeit, die in den capillaren Hohlräumen zurückgehalten wurde und die nun gerade in jene innigen Beziehungen zur Luft treten konnte; diese Flüssigkeitsmenge, welche jenes Minimum repräsentirte, „welches von dem bestimmten Boden unter allen Umständen bei Zuverfügungstellung eines Ueberschusses festgehalten wird", wird von Adolf Mayer die absolute oder kleinste Wassercapacität genannt, und diese haben wir besonders im Auge zu behalten, sie ist der Ausdruck der im Boden vorhandenen capillaren Hohlräume und für uns das Maass für die bei unseren Versuchen im Boden zurückgehaltenen Harnmengen.

Hier sind auch die Differenzen weit bedeutender und unseren Voraussetzungen entsprechender; die folgende Tabelle, deren Zahlen ich zum Theil der Güte des Herrn Dr. F. Renk, Assistenten am hygienischen Institute in München, verdanke, macht dies ersichtlich.

Korngrösse	Porosität. % des gesammten Bodenvolums	Kleinste Wassercapacität	
		% der Poren	% des gesammten Bodenvolums
I. 4—6 mm Durchmesser	35,0	16,2	5,67
II. 2—4 „	36,4	19,7	7,17
III. 1,2—2 „	36,9	37,0	13,6
IV. 0,6—1,2 „	37,9	78,6	29,8

Diese Versuche wurden denn auch nicht mit dem ersten Erscheinen von Nitriten oder Nitraten abgeschlossen, sondern verschieden lange Zeit fortgesetzt und schliesslich gleichzeitig alle Flüssigkeiten eines Versuches auf ihren Gehalt an Nitraten, Nitriten, sowie auch an noch vorhandenen organischen Substanzen untersucht. Bei der Salpetersäurebestimmung wurde von der Methode von F. Schulze in ihrer Modification von Tiemann[1]) Gebrauch gemacht (Zersetzung der Salpetersäure durch Eisenchlorür und Aufsaugen des Stickoxydgases über ausgekochter Natronlauge), da sie auch bei Anwesenheit organischer Substanzen verlässliche Resultate giebt; selbstverständlich wurde in diesem Falle auch die ganze Menge der vorhandenen salpetrigen Säure in Stickoxydgas übergeführt, und empfahl sich deshalb, bei der Berechnung das gefundenen Stickoxyd einfach auf Stickstoff umzurechnen, indem es sich ja vorzüglich darum handelte, die Menge des mineralisirten, nitrificirten Stickstoffs zu bestimmen. Da die gesonderte Bestimmung der salpetrigen Säure, die nach der Chamäleonmethode von Feldhausen-Kubel ausgeführt wurde, das schon Seite 456 erwähnte Resultat ergab, dass das Verhältniss der salpetrigen Säure zur

1) Anleitung zur Untersuchung von Wasser, von Kubel-Tiemann, S. 55 und Fresenius, quantitative Analyse Bd. II S. 154.

Salpetersäure kein constantes war, sondern grosse Schwankungen darbot, die nicht völlig aufgeklärt werden konnten, so empfahl es sich auch deshalb, den gesammten in Form von Nitriten und Nitraten vorkommenden Stickstoff in den Endresultaten zu berücksichtigen, und wurde berechnet, wie viel von demselben auf 1 l Harn entfallen würde. Zu diesem Zwecke war es nöthig, genau die Quantitäten des Harns zu kennen, die schliesslich zur Untersuchung kamen, d. h. die nach Abschluss des Versuches noch vorhanden waren, und die vielleicht bei den verschiedenen Manipulationen eine Aenderung hätten erleiden können. Als bestes Mittel, diese zu bestimmen, schien nun die Chlorbestimmung zu dienen; denn da, wie die Untersuchung zeigte, aus dem Versuchsboden keine Chlorverbindung ausgewaschen werden konnte, so konnte man aus dem Chlorgehalt des ursprünglichen Harns und aus dem der zu untersuchenden Flüssigkeit die Menge Harns, welche diese repräsentirte, genau feststellen. Die Chlorbestimmung selbst geschah nach Veraschen der Probe mit Salpeter durch Titrirung mit Silbernitrat.

Folgendes sind nun die Resultate einiger dieser Versuche.

Korngrösse. Durchmesser	Poren in Volumprocent	Kleinste Wasser-capacität in Volumprocent	Stickstoff in Form von Nitriten und Nitraten auf 1 l Harn nach 18 Tagen	nach 36 Tagen	nach 36 Tagen
I. 4—6 mm	35,0%	5,7 %	190 mg	480 mg	690 mg
II. 2—4	36,4	7,17	480	660	1090
III. 1,2—2	36,9	13,6	680		-
IV. 0,6—1,2	37,9	29,8	860	1060	1650

Diese Tabelle zeigt, dass die Menge des mineralisirten Stickstoffs mit der Feinheit des Korns zunimmt, dass sie einen annähernd gleichen Schritt einhält, zwar nicht mit der Porenmenge im Allgemeinen, die ja selbst wenige Differenzen darbietet, sondern mit der ansteigenden kleinsten oder absoluten Wassercapacität, also mit der Zunahme der Capillarität des Bodens. Dieses Verhalten ist auch bei Berücksichtigung unserer Versuchsanordnung leicht

verständlich. Sind einmal im Boden jene günstigen Bedingungen, die die Nitrification veranlassen, so wird jener Boden den grösseren Effect ausüben, der — allerdings bis zu einer gewissen Grenze — eine grössere Wassercapacität besitzt, dadurch grössere Quantitäten zurückhält und sie, auf einer grossen Fläche ausgebreitet, in innige Berührung treten lässt mit der Luft und gewissen Stoffen des Bodens.

Jedenfalls führen uns die bisherigen Thatsachen dazu, dem Luftzutritte eine gewisse Rolle zuzuschreiben, besonders da es sich um die Bildung so sauerstoffreicher Verbindungen handelt. Schon Schlösing[1]) hat diesem Punkte sein Augenmerk zugewandt, indem er den Einfluss des relativen Sauerstoffgehalts studirte. Die Resultate entsprachen den Voraussetzungen: mit dem wachsenden Gehalt der Luft an Sauerstoff stieg auch die Menge sowohl der gebildeten Kohlensäure als auch der der Salpetersäure; doch macht er selbst darauf aufmerksam, dass die Salpeterbildung selbst bei sehr geringem Sauerstoffgehalt stattgefunden.

Den Lufteinfluss lernten ferner die englischen Versucher in ähnlicher Weise kennen, wie dies bei unseren ersten Versuchen geschehen; sie kamen zu der Erfahrung, dass die Nitrification nur so weit statthabe, als die Poren des Sandes noch Luft enthielten; deshalb erhielten sie bei aufsteigender Filtration keine oder höchst ungünstige Resultate, dagegen sehr günstige bei intermittirender, absteigender Filtration[2]).

Bei unseren Versuchen, wo die natürlichen Verhältnisse nach Möglichkeit nachgemacht werden sollten, suchte ich durch gesteigerten Luftzutritt diesen Vorgang in positiver Weise zu beeinflussen, indem mittelst eines Aspirators täglich auch noch eine bestimmte Quantität Luft (5 l) durch diese Röhren geleitet, dieselben also künstlich ventilirt wurden.

Das Resultat war nach zwei Richtungen hin quantitativ zu constatiren. Es liess sich zuerst eine Beschleunigung bezüglich des Eintrittes der gewünschten Veränderung constatiren, das erste Auf-

1) Étude sur la nitrification dans le sol. Comptes rendus T. LXXVII p. 203.
2) Reinigung und Entwässerung Berlins. First Report etc. S. 119.

treten der Salpetersäure konnte um 2—5 Tage früher nachgewiesen werden; sodann waren aber auch die nach einer bestimmten Zeit unter sonst gleichen Bedingungen gebildeten Quantitäten verschiedene:

Versuchsanordnung	Versuchsdauer	Stickstoff in Form von Nitriten und Nitraten auf 1 l Harn
I a) Versuch bei Anwendung künstlicher Ventilation	30 Tage	1270^{mg}
I b) „ ohne „		843
II a) „ bei „	90 „	2610
II b) „ ohne „		2430

Die geringe Differenz im zweiten der hier angeführten Fälle erklärt sich wohl aus der langen Dauer des Versuches.

Wir glauben hiermit den Nachweis geliefert zu haben, von welchem Einfluss gewisse Verhältnisse zwischen Flüssigkeit und Luft innerhalb des Bodens auf die Zersetzungsvorgänge selbst sind, wir finden Belege für die Annahme, „dass an demjenigen Orte die Zersetzung einen hohen Grad erreichen wird, an welchem bei der grössten erreichbaren Feuchtigkeit aller Bodenbestandtheile die ausgedehnteste Berührung desselben mit in sie eindringender sauerstoffreicher Luft stattfindet“[1]), wie dies bei porösem Boden eben möglich ist. Wenn aber Schlösing und Müntz[2]) in ihrer letzten Publication behaupten, die Porosität des Materials, die man in die Zahl der Bedingungen für die Nitrification gestellt, sei hierzu wenig nothwendig, so beruht dies offenbar auf einer missverständlichen Auffassung, wie dies auch aus der hierzu gewählten Versuchsanordnung hervorgeht. Sie füllten grosse verticale Röhren mit compacten Kalksteinen oder durch Wasser abgeglätteten Kieselstücken, berieselten sie täglich mit Spüljauche oder einer stickstoffhaltigen Nährlösung, die dann beide vollkommen nitrificirt wurden. Selbstverständlich kann aber ein solcher künstlicher Boden, wie sie ihn hier verwendet, im Gegensatz zu ihrer Auffassung nur als ein besonders poröser angesehen werden, etwa so wie ein aus grösseren und kleineren Kieseln bestehender Untergrund, da, wie

1) Geigel, Handb. der öffentl. Gesundheitspflege S. 149.

2) Sur la nitrification par des ferments organisés. Comptes rendus T. LXXXV p. 1018.

schon oben ausgeführt worden, bei diesen Versuchen der in der Röhre befindliche Boden als Ganzes betrachtet werden muss und es darauf ankommt, wie viel Hohlräume überhaupt in demselben vorhanden sind, ob sie nun durch Anlagerung kleinerer und grösserer, sonst nicht poröserer Stücke gebildet werden oder in einer mehr homogenen Masse als wirkliche Poren sich finden. Zudem vermissen wir bezüglich dieser Behauptung auch quantitative Bestimmungen.

Unsere Versuche sowohl wie die Beobachtungen an natürlichen Salpeterfundorten scheinen darauf hinzuweisen, dass eine gewisse mittlere Durchfeuchtung, bei der die Capillarräume des Bodens bloss gefüllt sind, oder auch ein gewisser Wechsel in der Durchfeuchtung, wo er durch das tägliche Uebergiessen erzielt wurde, zu den begünstigenden Momenten gehöre. Bei Thiercelin[1]) finden wir die Angabe, dass zu den Bedingungen der Salpeterbildung in Tarapaca (Peru) die Abwesenheit von Regen gehöre, der durch dichte nächtliche Nebel ersetzt werde, die den Boden am Morgen in einen gewissen mässig feuchten Zustand versetzen. Boussingault[2]) behauptet sodann, dass ein zu feuchter Boden nicht nitrificationsfähig sei, dass aber auch Trockenheit nur wenn sie sich nicht bis auf den Boden selbst erstreckt, von günstigem Einfluss ist. Ferner zeigt Schlösing[3]), dass der Wassergehalt des Bodens sogar den Einfluss des Sauerstoffs aufzuheben vermag. Für den begünstigenden Einfluss gerade des Wechsels in diesen Verhältnissen, der ja auch bei anderweitigen Oxydations-Verwesungsprocessen constatirt ist, sprechen die Angaben von Boussingault, der in der einem Regen folgenden trockenen Luft, in einer nach starken Regen eintretenden längeren regenlosen Periode unerlässliche Bedingungen für die Salpeterbildung sieht und die erste und mächtigste Salpeteranhäufung in den oberflächlichen, eben austrocknenden Schichten findet. Ebenso hat Millon[4]) bei seinen Experi-

1) Étude sur le Nitrate de soude etc. Annales de chem. et phys. [4] T. XIII p. 160.

2) Comptes rendus T. LXXVI p. 22.

3) Comptes rendus T. LXXVII p. 203.

4) De la nitrification en Algère. Comptes rendus T. LIX p. 282.

menten über künstliche Salpeterbildung den Salpeter in den obersten, aber austrocknenden Schichten gefunden, mit rapider Abnahme gegen die mit Flüssigkeit gesättigten tieferen Schichten. Auch Al. Müller[1]) sieht in der locker gehaltenen, öfters angefeuchteten Composterde die Bedingungen.

Es schien nun nicht überflüssig, durch ein einfaches Experiment an demselben Object den Einfluss des allmählichen Wechsels in der Durchfeuchtung und der allmählichen Austrocknung zu demonstriren. Zu diesem Zwecke wurde eine Röhre mit Kies gefüllt, dessen Fähigkeit zu nitrificiren bereits erprobt war; auf dieselbe wurde mittelst eines Kautschukschlauches ein ähnliches, etwas kürzeres und mit demselben Kies gefülltes Röhrenstück von demselben Caliber aufgesetzt, so dass dasselbe leicht abgenommen werden konnte. Dieser ganze Apparat wurde sodann mit der zu nitrificirenden Flüssigkeit (hier Harn von 10%) vollständig gefüllt, so dass alle Luft verdrängt war. Es wurden nun jeden Tag von unten her, wo ein Schlauch mit Klemme den Verschuss bildete, einige Tropfen abgelassen, die zur Anstellung der Reactionen verwendet wurden. Hiedurch sowie durch die von oben her erfolgende Verdunstung, Austrocknung musste natürlich das Niveau der Flüssigkeitsschicht allmählich erniedrigt werden, und war diese Anordnung wohl zu vergleichen einem sämmtliche Poren ausfüllenden Grundwasser, dessen Stand allmählich sich senkte. Nach einiger Zeit nun (8—10 Tage), als in einer zum Vergleich aufgestellten mit ähnlichem Kies gefüllten Röhre, wo jedoch der Harn täglich nur für kurze Zeit aufgegossen wurde, bereits Salpetersäure nachweisbar war, wurde das obere, nun vom „Grundwasser“ befreite Ansatzstück der Röhre abgenommen, und konnte in demselben Salpetersäure leicht nachgewiesen werden, in den unteren Theilen jedoch, wo das Wasser die Poren noch vollständig erfüllte, fand sich um diese, ja sogar nach viel längerer Zeit, nach 1½ Monaten noch keine Salpetersäure, wohl aber immer wieder rasch in den oberhalb des sinkenden Grundwassers und am Austrocknen befindlichen Schichten.

1) Ziele und Mittel einer gesundheitl. und wirthschaftl. Reinhaltung der Wohnungen 1869.

Der physikalische Vorgang, der hier zur Geltung kommt, ist ziemlich klar: erst durch das Sinken des Grundwassers kann die Porosität des Bodens ihren Einfluss üben, indem sie der Luft reichlichen Zutritt zu den in den Capillarräumen zurückgehaltenen Flüssigkeitsmengen bietet; vielleicht ist auch die Verdunstung mit in Betracht zu ziehen, jedenfalls indirect, indem sie mit zur Entleerung der Poren beiträgt, und deshalb sei hier auch auf das Verhalten verschiedener Bodenarten ihr gegenüber hingewiesen, das sich mit der Annahme, ihr einen Einfluss auf den hier studirten Vorgang einzuräumen, gut vereinen lässt. Bekanntlich fanden wir bei unseren Versuchen über den Einfluss der verschiedenartigen Porosität die Thatsache, dass der dichtere Boden, jener von kleinerem Korn und kleineren Hohlräumen, die Nitrification mächtiger fördere als der lockere. Es ist nun von Nessler und neuerdings von v. Liebenberg[1]) festgestellt, dass ein dichter Boden schneller austrockne als ein lockerer. Die Erklärung hierfür liegt in den physikalischen Verhältnissen. Von den Hohlräumen eines Bodens wie der für uns in Betracht kommende, wo ein Ueberschuss von Flüssigkeit durch denselben gelaufen, sind nur die capillären mit Flüssigkeit gefüllt, die übrigen enthalten eine mit Wasserdampf gesättigte Luft; die Verdunstung wird also vorwiegend an der Oberfläche stattfinden und daher jener Boden mehr verdunsten, der eine grössere Steighöhe besitzt, der mehr Wassermenge an die verdunstende Oberfläche führt, wie dies eben bei einem Boden, der mehr Capillarräume besitzt, der Fall ist. Deshalb ist auch der dichtere Boden in Folge des fortwährenden Nachsteigens des Wassers an der Oberfläche immer feuchter als der lockere; letzterer enthält aber in den unteren Schichten wieder mehr Wasser.

Unter den physikalischen Bedingungen, die ferner in unserem Processe einen Einfluss äussern konnten, schien auch die Temperatur nicht unwesentlich zu sein; liegen ja hierfür schon zahlreiche Thatsachen vor, dahin gehend, dass bei gesteigerter Temperatur die Nitrification wesentlich gefördert werde, wenn auch die

---

1) Ueber den gegenwärtigen Stand der Bodenphysik. Forschungen auf dem Gebiet der Agriculturphysik Bd. I S. 21.

experimentellen Untersuchungen Schlösing's[1]) dies weniger ersichtlich machen. Bei meinen zum Theil im Winter angestellten Versuchen benutzte ich die Temperaturdifferenzen zwischen Innen und Aussen zur Entscheidung. Das Resultat war jedoch ein völlig unerwartetes. Ich bekam in sämmtlichen Versuchsreihen, die bei niederer Temperatur (4—10° C.) angestellt wurden, reichlichere Salpeterbildung als bei höherer Temperatur (14—22°). Wir werden auf die Erklärung dieses eigenthümlichen Verhaltens noch bei einer späteren Gelegenheit, wo wir von den Ursachen der Nitrification im Allgemeinen zu sprechen haben werden, zurückkommen.

Für gewisse chemische Vorgänge scheint schliesslich auch das Licht als ein ganz wesentlicher Factor mit in die Action zu treten; die dahin gerichteten Versuche ergeben denn auch Resultate, die einen derartigen Einfluss wahrscheinlich machen.

Es wurde folgende Versuchsanordnung getroffen: Zwei Röhren mit Kies wurden in gleicher Weise mit Harn beschickt, nur war die eine mit einer ziemlich dicken Russschicht überzogen und diese auf ihr fixirt; der zu dieser Röhre gehörige Harn war in einer ähnlich berussten Flasche, in welche die Röhre hineinragte, und wurde hier, um auch den Lichteinfluss beim Aufgiessen zu vermeiden, der Harn täglich von unten nach oben aufgesaugt; das Ganze wurde an einem dunkeln Orte aufbewahrt. Es trat nun deutlich hervor, dass die Abhaltung des Lichtes den Beginn der Nitrification um eine, allerdings nicht erhebliche Zeit (2—3 Tage) verzögere, dass jedoch nach einmal begonnener Nitrification dieselbe energischer vor sich gehe, d. h. dass unter sonst ganz gleichen Bedingungen mehr Stickstoff nitrificirt werde, wie aus folgender Tabelle ersichtlich ist.

Flüssigkeit	Versuchsanordnung	Dauer	Stickstoff in Form von Nitriten und Nitraten auf 100 ccm Harn
Harn von 10%	bei Lichteinfluss	18 Tage	19 mg
"	ohne "	18 Tage	86
"	bei "	36 "	110
"	ohne "	36 "	330

1) Comptes rendus T. LXXVII p. 203.

Vielleicht findet dieses Verhalten seine Erklärung in gewissen chemischen Wirkungen des Lichts, die insofern der Nitrification ungünstig werden konnten, als unter dem Einflusse derselben eine Anzahl oxydirter Stoffe, in denen der Sauerstoff ganz oder theilweise schwach gehalten wird, denselben verlieren. Keineswegs reichen aber die gewonnenen Thatsachen dazu hin, um die von Warrington[1]) aufgestellte Behauptung, dass die Salpeterbildung nur in der Dunkelheit erfolge, zu erweisen; ja, die zahlreichen von Erfolg begleiteten Versuche bei voller Einwirkung des Tageslichts widersprechen dem doch ganz entschieden, wenn man nicht annehmen wollte, die Nitrification erfolge nur während der Nacht; aber auch dann bleibt die Beobachtung Warrington's, wornach sich bloss in den im Dunkeln aufbewahrten Lösungen nach 2—3 Monaten reichlich Salpetersäure gebildet hatte, in den im Lichte gelassenen aber keine aufgetreten war, etwas räthselhaft; andererseits ist wieder die Behauptung von Schlösing und Müntz[2]), die Nitrification erfolge ebenso bei Lichtzutritt wie in der Dunkelheit, nicht durch quantitative Versuche belegt.

Wenden wir uns jetzt noch zu einigen physikalischen Bedingungen, die nicht im Boden, sondern in der zur Anwendung kommenden organischen Flüssigkeit selbst liegen, so tritt uns in dem jeweiligen Concentrationsgrade ein ausserordentlich wichtiger Factor entgegen, dessen Einfluss ähnlich wie in den früher angeführten Experimenten sich ziffermässig feststellen lässt und eine Gesetzmässigkeit zeigt, die sogar bei Mitwirkung anderweitiger Bedingungen nur wenig beeinflusst wird. Die folgenden zwei Tabellen geben wieder ein übersichtliches Bild davon, wie sich dieser Factor geltend macht.

I.

Concentrationsgrad	Versuchsanordnung	Erstes Auftreten der Salpetersäure.
Harn unverdünnt = 100 %	bei Ausschluss der Porosität	nach 4 Monaten noch nicht nachweisbar.
Harn zur Hälfte verdünnt = 50 %		„ „ „
Harn 10 %		am 36. Tage.
„ 1 %		„ 22. „

1) Chem. Centralbl. 1878 S. 181.

2) Comptes rendus T. LXXXV p. 1018.

II.

Concentrationsgrad	Versuchsanordnung	Erstes Auftreten von Salpetersäure im ungeglühten Boden	im geglühten Boden
Harn unverdünnt = 100 %	bei Mitwirkung der Porosität	nach 2 Monaten noch nicht nachweisbar	
Harn zur Hälfte verdünnt = 50 %		„ „	„
Harn 10 %		am 7. Tage	am 28. Tage
„ 1 %		„ 4. „	„ 24. „

Wir sehen, dass wir auf diese Weise im Stande sind, den Ablauf des Processes wesentlich zu beschleunigen, andererseits aber auch vollständig — wenigstens für längere Zeiträume — zu verhindern, und haben wir es hierbei mit analogen Verhältnissen zu thun, wie jene sind, die bei dem Einflusse der Porosität zur Geltung kommen; bei dieser haben wir als wesentlichen Factor die durch sie bedingte innigere Wechselwirkung zwischen Flüssigkeit und Luft und Boden angesehen, die natürlich bei der Verdünnung ebenfalls, wenn auch in anderer Weise, erzielt wird, wenn auch hier noch ein zweites Moment maassgebend sein kann, von dem wir aber erst Erwähnung thun können, bis wir von den Ursachen der Nitrification handeln werden.

Wir haben nun in allen diesen Versuchen immer bloss den Stickstoff in der Form als Nitrite und Nitrate berücksichtigt und denselben als Maass für die fortgeschrittene Zersetzung angesehen; diese fast selbstverständliche Annahme wurde aber auch durch Versuche belegt, — durch quantitative Bestimmungen, die da zeigten, dass parallel der Zunahme des nitrificirten Stickstoffs der in Form von organischen Substanzen vorhandene abnahm, dass ferner die Abnahme in der Menge der vorhandenen organischen Substanzen ziemlich gleichen Schritt hielt mit der Zunahme der salpetrigen und Salpetersäure, dass schliesslich auch die Kohlensäurebildung als Oxydationsproduct des vorhandenen Kohlenstoffs in Uebereinstimmung war mit den anderweitigen hier geschilderten Oxydationsvorgängen.

Wenn wir nun wieder zum Boden zurückkehren, so geschieht dies, um hier nochmals auf gewisse Bedingungen der Nitrification

zurückzukommen, die entschieden zu den wichtigsten gehören, die in gewissen, bisher noch wenig isolirten organischen Beimengungen des Bodens zu suchen sind, die jedoch der Feststellung ihrer Natur weit grössere Schwierigkeiten bieten. Für die organische Natur dieser Beimengungen sprechen die Versuche von Schlösing und Müntz[1]); sie haben gezeigt, dass man einem zur Nitrification vorzüglich geeigneten Boden diese Fähigkeit entziehen könne, wenn man denselben glüht, und dass bei sorgfältiger Abhaltung allen organischen Staubes aus der Luft die Nitrification nicht zu Stande komme. Analoge, von mir angestellte Versuche bestätigen das Factum, dass durch Glühen dem Boden die Eigenschaft, als Nitrificator zu wirken, entzogen wird und dass bei unbehindertem Luftzutritt der Beginn der Nitrification wenigstens auf lange Zeit hinausgeschoben wird und in quantitativer Beziehung sich sehr vermindert zeigt:

Versuchsanordnung		Erstes Auftreten der Salpetersäure	
		Harn von 10 %	Harn von 1 %
Röhre mit ungeglühtem Kies	Freier Luftzutritt	am 7. Tage	am 4. Tage
„ „ geglühtem „	„ „	„ 28. „	„ 24. „
„ „ „ „	Abhaltung von organischem Staub	nach 3 Monaten noch nicht nachweisbar	

Wir sehen hieraus, wie der Boden seine Wirksamkeit vollständig verliert; ja, folgende Tabelle, eine Wiederholung der auf Seite 452 gegebenen, zeigt, dass derselbe trotz seiner wohl constatirten und schnell zur Wirkung gelangenden nitrificirenden Fähigkeit nicht anders wirkt als irgend ein beliebiger anderer poröser Körper überhaupt, z. B. Glassplitter.

Versuchsanordnung		Erstes Auftreten der Salpetersäure
Röhre gefüllt mit Glassplittern	Freier Luftzutritt und später künstliche Ventilation	nach 6 Wochen
Röhre gefüllt mit Glassplittern und geglühtem Boden		„ 6 „
Röhre gefüllt mit Glassplittern und ungeglühtem Boden		am 7. Tage

1) Comptes rendus T. LXXXIV p. 301.

Trotzdem hier also durch künstliche Ventilation ein reichlicheres Hinzutreten von Staubtheilchen aus der Luft ermöglicht war, wurde die Nitrification so bedeutend verzögert. Wir ersehen daraus zugleich, dass die organischen Stoffe, die bei unseren Versuchen zur Nitrification beitragen, wirklich dem Boden angehören und für gewöhnlich nicht aus der Luft stammen, wie dies auch durch einen directen Versuch nachgewiesen werden konnte, indem durch Baumwollverschlüsse für eine vollkommene Abhaltung aller körperlichen Theile der Luft gesorgt war, und die Nitrification doch zur selben Zeit eintrat wie in einer zweiten, in derselben Weise behandelten, nur ohne Baumwollverschluss versehenen Röhre. Aber es bedarf gar nicht so tief eingreifender Veränderungen, um den Einfluss des „Organischen" im Boden zu demonstriren; es genügt schon, die Flüssigkeit mit dem zur Nitrification geeigneten Boden durch einige Zeit auf Siedetemperatur zu erhitzen, um diesem die nitrificirende Fähigkeit vollständig zu rauben, vorausgesetzt dass man durch einen guten Baumwollverschluss für Abhaltung aller körperlichen Theile der Luft sorgt. Derartig behandelte Flüssigkeit zeigte auch nach vielen Monaten keinerlei Veränderungen, insbesondere keine Spur von salpetriger oder Salpetersäure. Dass hierbei nicht etwa die Flüssigkeit (Harn) durch das Kochen zu der Umwandlung in Salpetersäure ungeeignet werde, zeigen Versuche, wo nach Einführung von ungeglühtem und ungekochtem Boden in derartige Flüssigkeiten die Nitrification sich rasch und prompt wieder einstellte.

Versuchsflüssigkeit	Erstes Auftreten der Salpetersäure. Boden zugesetzt	
	vor dem Kochen	nach dem Kochen
Harn 100%	nach 3 Monaten noch nicht nachweisbar	
„ 50%	„ „	„
„ 10%	nach 3 Monaten noch nicht nachweisbar	am 331. Tage
„ 1%	„	„ 271. „

Auf Grund derartiger Versuche, zu denen wir noch die Beobachtungen hinzufügen, dass Zusatz von Salicylsäure die Nitrification gleichfalls verhindert oder wenigstens hinausschiebt, haben einzelne Forscher (Schlösing u. Müntz und Warrington) behauptet, dass es sich bei dem Vorgange der Nitrification um eine Action organischer Substanzen handle, die der Fermentwirkung analog sei, was als Vermuthung schon von Anderen (Pasteur, Al. Müller) ausgesprochen wurde. Die Erstgenannten stellen diese Action sogar als hervorgerufen durch organisirte Fermente, niedrigste Organismen hin, und in der That sprechen manche Beobachtungen hierfür. Schlösing und Müntz schliessen auf die belebte Natur des Fermentes aus dem Zeitraume, der bis zum ersten Auftreten der Salpetersäure verfliesst, in der Annahme, dass diese Fermente erst nach der Aussaat und der Entwicklung ihrer Keime zur Wirkung gelangen können. Ein zweites wichtiges Argument sehen sie in dem besonderen Einflusse, den das Chloroform auf diese Vorgänge zu nehmen vermag; dieses soll bei den organisirten Fermenten alle Lebensthätigkeit aufheben, ohne die anderen Fermente in irgend einer Weise in ihrer Wirkung zu beeinträchtigen: beim Durchleiten von mit Chloroformdämpfen gemischter Luft durch ihre Röhren fanden sie nun, dass die Salpetersäurebildung vollständig aufhörte. Warrington bestätigt und erweitert diese Angaben, indem er durch seine Experimente zeigt, wie unter dem Einflusse antiseptischer Dämpfe, Carbolsäure, Schwefelkohlenstoff, Chloroform die Nitrification theils herabgesetzt, theils völlig aufgehoben wird, wozu noch unsere Versuche mit Salicylsäure, die ein ähnliches Resultat erzielten, zu rechnen wären.

Schlösing und Müntz machen im Verfolg dieses Gedankens auf den Unterschied zwischen Ackererde und einem absolut sterilen Boden aufmerksam, in welchem letzteren die Reinigung, die Mineralisirung der Abfallwässer so lange verzögert wird, bis sich die hierzu nöthigen Factoren genügend entwickelt haben; ferner, dass man einem Boden, dem man durch Erwärmen auf 100° die nitrificirende Fähigkeit entzogen, durch Zusatz von etwas Ackererde dieselbe wieder restituiren könne. Hier sei auch auf die schon mehrfach constatirte Thatsache hingewiesen, dass wenigstens manche der ungeformten

Fermente eine längere Erwärmung im trockenen Zustande (über 100, ja selbst bis 160°) ertragen, ohne ihre Wirksamkeit zu verlieren. (Kühne u. A.)

So vielfache Anhaltspunkte nun auch für die Annahme vorliegen, dass wir es hier mit sowohl im Boden als auch in der Luft vorhandenen organischen Fermenten zu thun haben, die erst ihre bestimmte Entwicklung durchmachen, sich in genügender Menge vermehren müssen, um zur Wirkung zu gelangen, so kann die Frage nicht als endgiltig entschieden betrachtet werden, besonders da auch die Cultur- und Implantationsversuche, die ich angestellt, bisher ohne positives Resultat geblieben. Es wurden in theils mit geeigneter stickstoffhaltiger Nährlösung, theils mit Harn von 10 und 1 % gefüllten Flaschen unter den nothwendigen Cautelen Implantationen vorgenommen, sowohl von der nitrificirenden Erde (besonders dem abspülbaren Schlamme), als auch von Harn, der bereits Salpeterbildung wahrnehmen liess, und zum Vergleiche endlich Harn, dessen Nitrification behindert war. Weder die chemische, oft nach Monaten vorgenommene Untersuchung nach den Endproducten des zu erwartenden Vorgangs, noch die mikroskopische Untersuchung führten zur Entscheidung.

Ein Verhalten sei noch aus unseren Versuchen hervorgehoben, das auch für die Annahme von Organismen als Ursache der Nitrification verwerthet werden kann. Es ist dies die Thatsache, dass die Nitrification nur bei einer gewissen Concentration der Flüssigkeit vor sich gehe. Wir wissen ja, dass Organismen nur in Nährlösungen zu gedeihen vermögen, deren Concentration innerhalb gewisser Grenzen schwankt, dass eine und dieselbe Substanz, die als vorzügliches Nährmaterial betrachtet werden kann, in stärkeren Concentrationen als Gift zu wirken vermag, dass ein Ueberschreiten einer gewissen Grenze nach der einen oder der anderen Seite hin für das Gedeihen der Organismen verhängnissvoll werden kann.

Es käme schliesslich noch ein Factor in Betracht, der bereits mehrfach zur Erklärung des in Rede stehenden Vergleichs der Nitrification herbeigezogen wurde und dessen Wirkung auch dann, wenn die Hauptrolle organisirten Fermenten zufallen sollte, doch zur Geltung kommen könnte. Dieser Factor ist das Ozon. Schon

Thiercelin[1]) legt ihm eine grosse Bedeutung bei, und einige Thatsachen finden durch die Annahme seiner Mitwirkung leichte Erklärung. Wenn auch Schönbein's Behauptung, dass durch Ozon der Stickstoff der Luft sich bei gewöhnlicher Temperatur zu salpetriger und Salpetersäure oxydire, von Carius[2]) dahin berichtigt wurde, dass dieses nur bei höherer Temperatur geschehe, so hat dies weniger Bedeutung, seitdem, besonders durch Boussingault[3]), nachgewiesen wurde, dass der Stickstoff bei der Salpeterbildung nicht der Luft, sondern den organischen Substanzen des Bodens entstamme. Wichtiger ist dagegen die von Carius erhobene Thatsache, dass Ammoniak, welches ja in unserem Falle vorwiegend als die Quelle des Salpeters zu betrachten ist, schon bei gewöhnlicher Temperatur durch Ozon zu salpetriger und Salpetersäure oxydirt wird.

In unseren Versuchsresultaten liegen noch einige Thatsachen vor, die an Ozoneinfluss denken lassen. Wir sehen die Salpeterbildung besonders da auftreten, wo Gelegenheit zu reichlicher Verdunstung gegeben ist. Eine solche allmähliche Verdunstung zwar nicht von reinem Wasser, wohl aber von Alkalien, Säuren und Salzen führt zur Ozonbildung (Pouillet), ist ferner eine Quelle von Elektricität (so dass Einzelne sogar die ganze atmosphärische Elektricität auf diese Quelle zurückführen wollten) und trägt also mittelbar wieder zur Ozonbildung bei.

Durch die Annahme von Ozonwirkung wird uns ferner, bei Berücksichtigung aller begleitender Umstände, jenes Versuchsresultat verständlich, das so wenig mit unseren Voraussetzungen und Erfahrungen übereinzustimmen schien, wo nämlich bei niedrigerer Temperatur grössere Quantitäten Salpetersäure erhalten wurden. Diese Versuche wurden, soweit es den Einfluss niedrigerer Temperatur betraf, nicht im Laboratorium selbst angestellt, sondern in einem Corridor, wo zugleich auch behufs Abkühlung die Fenster längere Zeit offen gehalten waren und also stets frische ozonhaltige

---

1) l. c. p. 177.
2) Annal. d. Chemie Bd. CLXXIV S. 32.
3) Comptes rendus T. LXXVI p. 22.

Luft hinzuströmen konnte, an der es in geschlossenen, von Menschen bewohnten Localen bekanntlich stets mangelt. Auch der günstige Einfluss der künstlichen Ventilation liesse sich mit der Annahme von Ozonwirkung gut vereinbaren, indem hier ausser der stets erneuten Zufuhr derselben auch noch die gesteigerte Verdunstung mitwirkt, allerdings auch noch die Abfuhr der gasförmigen Zersetzungsproducte, der Kohlensäure, in Betracht kommt.

Es wäre noch am Platze, zu erwähnen, dass in unseren Versuchen nicht bloss Harn, sondern auch andere stickstoffhaltige organische Substanzen und Ammoniakverbindungen ein analoges Verhalten zeigten: Blut, weinsaures Ammoniak, Chlorammonium (letzteres wurde von Warrington verwendet). Schliesslich sei auch noch auf die Untersuchungen Falck's[1]) hingewiesen die sich mit dem Einflusse der Bodenfiltration auf gewisse organische Stoffe, geformte und ungeformte Fermente, Gifte beschäftigten und die vielfach zerstörende oder wenigstens zurückhaltende Kraft des Bodens gegenüber diesen Körpern documentirten, andererseits aber auch zeigten, dass durch Glühen oft diese Fähigkeit dem Boden entzogen wird. —

Nachdem wir auf diese Weise den Einfluss des Bodens auf die Zersetzung organischer Substanzen nach mehrfachen Richtungen hin erkannt und festgestellt, drängt sich uns naturgemäss die Frage auf, ob wir die Resultate dieser Untersuchungen auch praktisch zu verwerthen im Stande sind. So dringend oft derartige Anforderungen an uns herantreten, so verlockend es ist, denselben nachzugeben, so sehr müssen wir uns vor einer vorschnellen und allzugrossen Verallgemeinerung hüten, vor der Aufstellung von Schlussfolgerungen, zu denen das Material nicht vollständig ausreicht, wie dies aber auf hygienischem Gebiete nicht gar selten geschieht. Indem wir diesen Fehler zu vermeiden suchen, wollen wir umgekehrt untersuchen, wie weit die bisherigen Erfahrungen mit unseren Resultaten in Einklang zu bringen sind, ob sich die einen aus den anderen erklären lassen.

---

1) Experimentelles zur Frage der Canalisation mit Berieselung. Vierteljahrsschrift f. gerichtl. Medicin und öffentl. Sanitätswesen Bd. XXVII S. 83.

Gedenken wir zunächst der Rolle, die die Salpetersäure im Trinkwasser spielt, deren Vorkommen uns bekanntlich als Maassstab für die Verunreinigung des Wassers durch Abfälle des menschlichen Haushalts dienen soll, als eine Art Index für die Grösse der Verunreinigung und demgemäss für die gesundheitsschädliche Beschaffenheit, so finden wir, dass auch aus unseren Untersuchungen wieder hervorgeht, wie unzuverlässig alle derartigen Angaben wären, wenn man ohne Berücksichtigung anderweitiger Verhältnisse die Salpetersäure allein im Auge behalten würde, wenn wir nicht auch die Bodenbeschaffenheit in jenen Strecken, die das Wasser zu durchlaufen hat, die nitrificirende Fähigkeit, die Durchlässigkeit für Luft und Wasser, die Zeit, in welcher die stickstoffhaltigen Abfallstoffe den Boden durchsetzen, die Concentration, in der sie dies thun, die Jahreszeit u. A. berücksichtigten. Die Unzuverlässigkeit der Schlussfolgerungen aus derartigen einseitigen Bestimmungen kann auch nicht durch die Berücksichtigung des daneben etwa noch vorhandenen Ammoniaks behoben werden, da dieses im Boden ein ganz anderes Verhalten zeigt, zum grossen Theil von demselben zurückgehalten wird, zum Theil sich aber verflüchtigt. Die jetzt allgemein für diese Frage maassgebende Chlorbestimmung beseitigt allerdings zum grössten Theile diese Schwierigkeiten.

Es ist noch eine andere, hygienisch wichtige Frage, die jetzt vielfach ventilirt wird und an die hier angeknüpft werden muss. Es liegt im Interesse der Gesundheit, die organischen Abfallstoffe der Menschen so rasch als möglich fortzuschaffen, da ja durch sie dem Boden einmal das günstige Substrat zur Entwicklung von Krankheitskeimen, sodann aber auch in gewissen Fällen die Krankheitskeime selbst zugeführt werden. Geschieht nun diese Entfernung nicht in ausreichendem Maasse, so müssen wir wenigstens dafür sorgen, sie unschädlich zu machen. Das Endziel dieser letzteren Bestrebungen scheint in der Mineralisirung derselben zu liegen, wodurch sie zur Entstehung von Krankheitskeimen nicht mehr Veranlassung geben können, aber doch noch in vieler Beziehung ihren Werth besonders für die Vegetation behalten. Diese Mineralisirung schliesst nun, soweit es sich um die stickstoffhaltigen Substanzen handelt, zum grossen Theil die Frage der Nitrification in sich ein,

und sehen wir in der That, dass die Erfahrung hier zu ähnlichen Resultaten geführt hat, wie sie sich uns bei dem Studium der Vorgänge ergaben. Die grosse Verdünnung, die bei dem System der Schwemmcanalisation eintritt, begünstigt die gewünschten Veränderungen wesentlich; aber sie reicht doch nicht vollständig aus, und deshalb hat man noch den Einfluss des Bodens durch Einführung der Filtration und besonders der Berieselung zur Geltung gebracht, bei welcher letzteren es sich nicht bloss um ein Zurückhalten der im Schmutzwasser suspendirten Stoffe, sondern um eine chemische Veränderung der im Schmutzwasser gelösten organischen Stoffe handelt, welche im Boden einer sehr kräftigen Oxydation unterliegen[1]). Dass nun bei diesem Vorgange die Bodenverhältnisse sorgfältig berücksichtigt werden müssen, ist gegenwärtig allgemein anerkannt, und haben die im Grossen angestellten Versuche dies bestätigt. So finden wir denn auch angegeben, dass dort, wo der Boden das Canalwasser vollständig verschluckt, keine Nitrification eintritt (Carlisle, wo allerdings vielleicht auch die Sterilität des Sandbodens mitgewirkt hat), und wurde auch schon die Vermuthung ausgesprochen, dass die physikalische Beschaffenheit des Bodens auf diese Vorgänge von grösserem Einflusse sei als die chemische. Im Zusammenhange hiermit steht dann auch die Berücksichtigung der Zeitdauer, während welcher der Boden seinen Einfluss zu üben vermag, da dies mit den von uns geschilderten Porositätsverhältnissen im innigen Zusammenhang steht und bei zu schneller Filtration eine unvollständige Reinigung stattfindet; analog diesem Umstande reichte in Berlin der kurze Weg durch Sandboden zur Reinigung nicht hin[2]). Schliesslich hat sich auch noch die Erfahrung aufgedrängt, dass die Jahreszeit weniger von Einfluss sei auf die Reinigung als die Beschaffenheit, und da vorzüglich die Concentration des Canalwassers. So lautet denn auch in dem mehrfach erwähnten englischen Bericht das Resumé: das Reinigungsvermögen des Erdreichs scheine mehr von seiner physikalischen Beschaffenheit, von seiner Porosität, von der Feinheit der Vertheilung abzuhängen als von seiner chemischen Zu-

1) Reinigung und Entwässerung Berlins. Generalber. S. 25.

2) Ebend. S. 125.

sammensetzung. Erdarten, die zufolge der chemischen Analyse einander sehr nahe kamen, zeigten in diesem Punkte ein ganz verschiedenes Verhalten.

Da diese Frage jetzt auch so vielfach vom landwirthschaftlichen Standpunkte aus discutirt wird, besonders seit man sich klar geworden, welche Massen von für den Boden so werthvollen Stoffen in den Abfällen des menschlichen Haushalts enthalten sind und zum grossen Theil verloren gehen, so seien hier auch noch einige kurze Andeutungen gegeben, die darthun sollen, dass das Bestreben nach Mineralisirung der organischen Substanzen, speciell die stickstoffhaltigen Körper rasch in Nitrate umzuwandeln, mit den Interessen der Landwirthschaft wenigstens nicht in directem Widerspruche steht. Die hohe Bedeutung der salpetersauren Verbindungen für die Pflanzen steht ja fest; Horstmann, Boussingault, Knop, Stohmann, Nobbe u. A. haben nachgewiesen, dass es den Pflanzen möglich ist, und zwar ohne Mitanwesenheit von Ammoniak, ihr Bedürfniss an Stickstoff daraus zu befriedigen und die höchsten Erträge zu liefern. Die Versuche Hellriegel's[1]) beweisen, dass die Pflanzen salpetersaure Verbindungen direct zu assimiliren vermögen; für gewisse Pflanzen, Mais, Buchweizen, Tabak hat Lehmann[2]) die berechtigte Annahme aufgestellt, dass sie ihren Stickstoff nur aus den salpetersauren Salzen nehmen (womit sodann die Erfahrung übereinstimmt, dass gewisse Culturpflanzen die Wirkung des Stallmistes erst nach Ablauf von 2—3 Jahren empfinden). Experimente von Ville[3]) zeigen ferner, dass salpetersaures Kali durch Pflanzen zerlegt wird und der Stickstoff in die Gewebe eintritt, und dass bei der gleichen Stickstoffmenge die Pflanzen bei Salpeter besser gedeihen als bei Ammoniaksalzen. Endlich schliesst Völcker[4]) aus dem Umstande, dass das im Boden circulirende Wasser stets Nitrate enthalte, während Ammoniak-

---

1) Liebig, Die Chemie in ihrer Anwendung auf Agricultur etc., 9. Aufl. v. Zöller, S. 50.

2) Agriculturchem. Centralbl. 1875.

3) Comptes rendus T. XLI p. 938.

4) Jahresbericht über die Fortschritte auf dem Gesammtgebiet der Agriculturchemie 1873—74.

salze zu keiner Zeit in irgend einer erheblichen Menge gefunden werden, dass die Feldgewächse hauptsächlich, wenn nicht ausschliesslich, ihre stickstoffhaltigen organischen Bestandtheile aus den Nitraten bilden, wogegen allerdings, wenigstens was die Begründung anbelangt, einige Bedenken erhoben werden könnten. Als Stütze jedoch könnten die Versuche von Bouchardat[1]) und von Cloëz[2]) dienen, aus denen hervorzugehen scheint, dass die Lösungen der gewöhnlich benutzten Ammoniaksalze den Pflanzen keinen assimilirbaren Stickstoff liefern und dass Lösungen von $^1/_{1000}$ ja selbst $^1/_{10000}$ dieser Salze, wenn sie von den Wurzeln aufgesaugt werden, als energische Gifte wirken und die Pflanzen alsbald ertödten, so dass man zu der Annahme geführt wird, das Ammoniak müsse der Pflanze in einer besonderen Form, vielleicht in ganz verdünntem Zustande, dargeboten werden oder vorher in die salpetersaure Verbindung überführt werden. Allen diesen hier angeführten Thatsachen entspricht denn auch der grosse Dungwerth der Salpetersalze, so dass „in einer Erde, in welcher sich salpetersaure Salze zu bilden vermögen, die meisten Pflanzen üppiger und kräftiger sich entwickeln, als in einem Boden, worin die Bedingungen der Salpetersäurebildung fehlen[3])“, und so führt auch Houzeau[4]) bezüglich des Bodens von Tauta in Niederägypten an, dass die ältere Erde dort weit geschätzter, weil fruchtbarer sei, trotzdem in der Zusammensetzung besonders im Stickstoffgehalt im Allgemeinen keine grossen Differenzen wären, wohl aber der Stickstoff in der alten Erde meist in Form von Nitraten vorhanden sei. Knop[5]) fand auch, dass salpetersaurer Kalk als Wiesendünger unter allen mineralischen Düngemitteln den höchsten Ertrag gegeben; so auch Lawes und Gilbert[6]).

Wohl wird aber bei den hier in Betracht kommenden Umständen gewöhnlich auf die grosse Verdünnung der zur Verwendung

1) Bouchardat, Mémoire sur l'influence des composés ammoniacaux sur la végétation.

2) Cloëz, Leçons de la Société chimique 1861 p. 167.

3) Liebig, Die Chemie in ihrer Anwendung auf Agricultur etc. S. 60.

4) Comptes rendus T. LXVIII p. 821.

5) Fortschritte in der Düngerlehre von Dr. W. Loebe S. 162.

6) Ebend. S. 206.

kommenden Stoffe hingewiesen. Abgesehen davon, dass gerade durch diese Verdünnung jener Vorgang, den wir als einen dem Pflanzenwuchse heilsamen ansehen müssen, begünstigt, ja nur durch sie ermöglicht wird, dass auch die starke Concentration der Ammoniaksalze hierdurch vermieden wird, so sei hier nur noch angeführt, „dass das Regenwasser, welches auf einen Acre mit Stallmist gedüngten Bodens fällt, die Bestandtheile des Bodens in eine Lösung verwandelt, die im Ganzen verdünnter ist als die Londoner Canalflüssigkeit; auch weiss jeder Landwirth, dass Regen eben so gut eine der Hauptbedingungen für die Wirksamkeit des Stalldüngers wie für die eines jeden anderen Düngers ist. Es ist daher nicht anzunehmen, dass die Düngerbestandtheile der Canalflüssigkeit ihre Wirksamkeit durch Verdünnung verlieren. Und da es Monate dauert, ehe die Bestandtheile des Stalldüngers sich gelöst und den Boden in gehöriger Weise durchdrungen haben, ein Vorgang, welcher mit Canalflüssigkeit ausgeführt in wenig Stunden oder Tagen stattfindet, so muss die Wirksamkeit der letzteren, wenn die Zeit berücksichtigt wird, weit grösser und vollständiger sein" [1]).

Doch noch ein anderer für die Verwerthung nachtheiliger Umstand kann bei der raschen Nitrification der stickstoffhaltigen Substanzen ins Gewicht fallen, dass nämlich die Salpetersäure nicht zu den vom Boden absorbirbaren Stoffen gehört und demgemäss, wenn nicht sogleich verwerthet, schliesslich unausgenutzt den Boden wieder verlässt. Hierdurch würde bei dieser Art der Düngung der Stickstoff den Pflanzen meist nur während ihrer Vegetationszeit zugute kommen, oder auch, wenn einmal in die Tiefe, in den Untergrund geschwemmt, nur für Pflanzen, die ihre Nahrung aus grösserer Tiefe nehmen (Klee, Erbsen etc.), verwerthbar sein. Bezüglich der Ausnutzung in der Vegetationszeit hat A. Völcker [2]) auch wirklich gezeigt, dass zur Frühjahrszeit eben nur geringe Mengen Salpetersäure in die Drains gelangten; dabei aber fand er auch die beachtenswerthe Thatsache, dass die in grösserer Menge schon als solche zugeführte Salpetersäure (Chilisalpeterdüngung) zur Vege-

---

1) Liebig a. a. O. S. 93.
2) a. a. O.

tationszeit einen grösseren Theil in den Untergrund und in die Drains abgebe als die sich im Boden selbst bildende.

Aber auch dann noch, wenn die salpetersauren Salze nicht mehr direct zur Ernährung der Pflanze beitragen können, spielen sie noch eine wichtige Rolle, „indem sie die Phosphate für die Ernährung geschickt machen, insofern als sie sich, wie das Kochsalz, mit phosphorsauren Erdsalzen an all den Stellen, wo diese sich überschüssig vorfanden, beladen, und wenn diese Phosphate, in der Flüssigkeit verbreitet, mit Theilchen der Ackererde in Berührung kommen, welche nicht damit gesättigt sind, so entziehen diese die Phosphatlösungen und das darin bleibende salpetersaure Natron oder Chlornatrium behält zum zweiten oder fortgesetzten Male das Vermögen, die nämliche auflösende und verbreitende Wirkung auf die Phosphate auszuüben“[1]).

Wir kehren zum Schlusse noch einmal zu der eingangs dieser Untersuchungen aufgeworfenen Frage nach dem Zusammenhange zwischen Bodenbeschaffenheit und dem Entstehen von Epidemien zurück. Ist ja doch die hier vorliegende Arbeit gerade mit Rücksicht auf diesen Gegenstand in Angriff genommen worden, wenn auch mit dem vollen Bewusstsein, dass die Nitrification als solche mit der Entstehung und Ausbreitung von Infectionskrankheiten nichts zu thun habe.

Es ist hier nicht am Platze, alle jene Thatsachen zu recapituliren, die zur Feststellung der Beziehungen zwischen Boden und gewissen Epidemien geführt haben, die uns gelehrt haben, jene Bedingungen, die wir mit dem Begriffe „der örtlichen und zeitlichen Disposition“ bezeichnen, zum Theil in den Boden zu verlegen. Die sorgfältige Beobachtung, die genaue Analyse der einzelnen mitwirkenden Factoren, das schrittweise Verfolgen des Ganges der Ausbreitung der Epidemien hat gezeigt, dass es gewisse physikalische, zum Theil auch chemische Bedingungen sind, die hier ihre Wirkung äussern. Die geologische Beschaffenheit, aber nur insoweit sie den physikalischen Charakter einer Bodenart bestimmt, seine physikalische Aggregation bedingt, erscheint als wesentlicher Factor,

1) Liebig a. a. O. S 244.

als erstes örtliches Moment; an dieses schliesst sich sodann der Feuchtigkeitsgehalt, besonders in dem Maasse, als derselbe gewissen Schwankungen unterworfen ist und auf diese Weise abwechselnd gewisse Bodenschichten bald vollständig von Wasser erfüllt sind, bald auch wieder, wenigstens theilweise, daneben noch Luft führen, Schwankungen, die ihren Ausdruck, ihr Maass in den Schwankungen des Grundwassers finden. Im innigen Zusammenhange damit steht dann noch die Anwesenheit organischer Stoffe, meist wohl Abfälle des menschlichen Haushalts, Producte des thierischen Stoffwechsels etc., die den Boden verunreinigen, wohl als Nährstoffe, in vielen Fällen vielleicht auch als Träger der Krankheitskeime fungiren, und schliesslich noch gewisse günstige Temperaturverhältnisse.

Wir können diese Bedingungen wohl am besten mit den Worten v. Pettenkofer's selbst wieder geben. Er sagt:

Die Bildung jenes Substrats, welches Ort und Zeit zu dem specifischen (Cholera-)Keime liefern müssen, begünstiget:

1) ein Boden, welcher für Wasser und Luft mehrere Fuss tief, ähnlich dem Alluvialboden durchgängig ist;
2) eine zeitweise grössere Grundwasserschwankung;
3) die Gegenwart organischer und mineralischer Stoffe in dieser Bodenschicht, auf welche die Grundwasserschwankungen wirken und sie zur Bildung von *y* veranlassen können;
4) eine Bodentemperatur, welche derartige organische Processe ermöglicht[1]).

Ferner: Absolute oder beständige Trockenheit des Bodens, z. B. in der Wüste, ist dem choleraerzeugenden Processe eben so ungünstig wie absolute oder beständige Nässe, z. B. während der Regenzeit in Calcutta. Nebstdem aber, dass ein gewisser mittlerer Wassergehalt im Boden eines Ortes sich für die Entstehung einer Epidemie am günstigsten erweist, deuten die Thatsachen auch auf das Bestimmteste noch auf die Nothwendigkeit eines grösseren Wechsels (einer Schwankung) des Wassergehaltes im Boden hin[2]).

1) Zeitschrift f. Biologie Bd. V S. 298.
2) Ebend. S. 301.

Wenn wir uns nun die Einzelheiten der vorliegenden experimentellen Untersuchung ins Gedächtniss zurückrufen, so werden wir finden, dass so ziemlich alle die hier geschilderten Eigenschaften und Vorgänge des Bodens berücksichtigt wurden, ja dass aber auch von fast allen der Nachweis geliefert werden konnte, dass sie die Veränderungen organischer Substanzen, speciell die Nitrification in grösserer oder geringerer Mächtigkeit beeinflussen. Diese Thatsache kann uns nun allerdings noch immer keine Erklärung der Wirkung dieser Factoren bei den betreffenden Infectionskrankheiten geben, und haben wir es ja schon ausgesprochen, dass man sich besonders in hygienischen Fragen vor zu weit gehenden Verallgemeinerungen und Analogieschlüssen hüten müsse.

Wenn wir aber sehen, wie schon gewisse chemische Vorgänge durch solche Bedingungen (physikalische Beschaffenheit des Bodens, Durchfeuchtung abwechselnd mit Austrocknung, Temperatur) so wesentlich beeinflusst werden, wie oft eine Aenderung nur eines dieser Factoren (vollständige Benetzung, Steigerung der Concentration) den chemischen Process vollständig zu sistiren vermag, wie umgekehrt nach Aufhebung derselben (z. B. bei Sinken des künstlichen Grundwassers) nun der Process sich in voller Intensität entfaltet, so ist wohl die Bedeutung ähnlicher Bedingungen für die Entwicklung und Vermehrung von Krankheitskeimen unserem Verständnisse näher gebracht, und dies um so eher, wenn wir bedenken, dass wir es bei der Nitrification im Boden wahrscheinlich mit Wirkungen organischer und wohl organisirter Fermente zu thun haben, wo dann die Analogie mit der Entwicklung gewisser Infectionskeime um so näher liegt, als die Nothwendigkeit der Annahme, in diesen niedrigste Organismen mit Gährwirkung zu sehen, zu einer immer zwingenderen sich gestaltet.

Herrn Geheimrath v. Pettenkofer für die wirksame Förderung, die er dieser Arbeit angedeihen liess, sowohl durch seinen stets freundlichst ertheilten Rath als auch dadurch, dass er mir die Mittel des Institutes in liebenswürdigster Weise zur Verfügung stellte, ferner den Herren Assistenten Privatdocent Dr. G. Wolffhügel und Dr. F. Renk sei hier mein bester Dank gesagt.

Untersuchungen über den Eisenschwamm und die Thierkohle als Reinigungsmittel für Wasser.

Von

Dr. L. Lewin.

In gleichem Maasse wie die Hygiene seit mehr als zwei Jahrzehnten bestrebt gewesen ist, die Frage nach der Aetiologie infectiöser Krankheiten zu beantworten und dieselben auf bestimmte physikalische und chemische Vorgänge in der Natur zurückzuführen, hat sich auch die Technik und die Industrie gewisser darauf bezüglicher Angaben bemächtigt und, ohne Rücksicht, ob das wissenschaftliche Substrat, auf das hin sie arbeitete, ein hypothetisches oder als richtig anerkanntes sei, die verschiedensten Erzeugnisse dem Publikum für die Zwecke der Gesundheitspflege empfohlen.

Man sollte glauben, dass dieses Handinhandgehen der Theorie und der Praxis, dieses schnelle Gestaltgeben des Gedankens ein wesentlicher Vortheil für die Wissenschaft sei, insofern dadurch bald der Werth oder Unwerth derartiger Producte und hiermit zugleich der Theorien, auf die hin sie geschaffen wurden, zur Erkenntniss käme. Indess zeigt ein Blick auf die Folgen dieses Verhältnisses, wie schwer derartige Dinge, wenn sie einmal Verbreitung gefunden haben — und dies zu erreichen ist ja nicht schwer —, wieder zu verbannen sind, selbst wenn ihre vollständige Bedeutungslosigkeit nachgewiesen ist.

Nirgends tritt dies schärfer zu Tage als in der Frage der Gesundheitsschädlichkeit des organische Substanzen enthaltenden Trinkwassers und der Reinigung desselben.

Nachdem einmal die Theorie aufgestellt war, dass schlechtes Trinkwasser die Ursache infectiöser Krankheiten sei, und so ein

greifbares, der directen Beobachtung zu unterwerfendes Object vorhanden war, wurden auch zahlreiche Mittel zur Unschädlichmachung dieses Feindes der Gesundheit erfunden und als souverän ausgegeben. Es hinderte nicht, dass man über die Qualität der hypothetischen schädlichen Agentien und die Quantität, die hiervon eine schädliche Wirkung zu entfalten im Stande seien, völlig im Unklaren war und heute noch ist, dass man nicht einmal eine Methode besitzt, diese beschuldigten organischen Substanzen genau zu bestimmen — es genügt schon, sobald die betreffende Zahl von Milligrammen Kaliumpermanganat, die uns verschiedene Chemiker als Index der Schädlichkeit eines Liter Wassers angegeben haben, bei der Untersuchung überschritten wird, ein sogenanntes Reinigungsverfahren mit demselben anzustellen, resp. dasselbe überhaupt für den allgemeinen Gebrauch abzusperren.

Mit Zähigkeit halten die sogenannten Trinkwassertheoretiker an ihrer Meinung fest, die immer wieder gestärkt wird durch Erzählung irgend einer durch Brunnenschliessung zum Erlöschen gebrachten Epidemie. Weder die Untersuchungen Pettenkofer's[1]) und anderer Forscher über den Einfluss des Bodens auf Typhus und Cholera, noch der Nachweis, dass ein selbst Mistjauche enthaltendes Trinkwasser durchaus noch nicht fähig sei, trotz habituellen Gebrauches, gewisse Epidemien und Epizootien zu erzeugen oder ihre Verbreitung zu begünstigen, haben diesen eingewurzelten Glauben an die alte Hippokratische, jetzt in ein modernes Gewand gekleidete Theorie zu zerstören vermocht.

Da dieselbe ihre Anhänger zum grössten Theile in England findet, so sind demgemäss auch dorther die meisten Verfahrungsweisen für Wasserreinigung empfohlen worden. So weit mir die einschlägige Literatur zur Verfügung stand, habe ich nicht weniger als elf englische Filtrationsmethoden und Patentträger für solche auffinden können.

Sehen wir von der Hypothese ab, auf Grund deren dieselben erdacht wurden, so haben sie, wenn sie wirklich im Stande sind, durch animalische oder mineralische Stoffe verunreinigtes Wasser

---

1) Pettenkofer, Bemerkungen zu Buchanan's Vortrag. Vierteljahrschr. f. öffentl. Gesundheitspflege 1870 S. 195.

von diesen zu befreien, unbedingten Werth, und zwar aus ästhetischen Gründen. Denn Jeder wird lieber bestrebt sein, möglichst reines Wasser, als vielleicht durch excrementielle Stoffe und deren Zersetzungsproducte verunreinigtes zu sich zu nehmen. Freilich geniessen ja Bewohner von Städten, deren Wässer derartige Substanzen enthalten, selbst wenn sie ein solches Trinkwasser meiden, in der Nahrung einen beträchtlichen Theil derselben. Boussingault[1]) wies nach, dass selbst wenn kein Einwohner von Paris das dortige, in Folge der geologischen Beschaffenheit des Bodens, welchen es durchdringt, ungeniessbare Brunnenwasser als solches oder in Speisen geniesst, er dennoch die sämmtlichen in einem gewissen Volumen dieses Wassers aufgelösten Substanzen zu sich nimmt, und zwar im Brode, das mit solchem Wasser bereitet wird. Denn in 1^{kg} Brod befindet sich alles, was in 45^{cl} Brunnenwasser enthalten ist. Ja selbst Sporen der kryptogamischen Vegetation können darin enthalten sein, da dieselben nach den Versuchen von Payen und von Poggiale der Temperatur beim Backen widerstehen.

Dies würde jedoch, so sehr die Thatsache an und für sich zeigt, wie illusorisch unter Umständen die Filtration des Trinkwassers als prophylaktische Maassregel sein kann, uns nicht abhalten, die Filtrir- und sonstigen Reinigungsmethoden desselben durchaus zu empfehlen, natürlich unter der Voraussetzung, dass der beabsichtigte Zweck damit erreicht wird.

Ein vollkommenes Filtrirmaterial müsste demnach im Stande sein, nicht nur suspendirte, sondern auch physikalisch und chemisch gebundene Körper aus ihrer Verbindung zu isoliren und entweder so zurückzuhalten, dass nachfolgende reine oder reinere Wassermassen dieselben nicht auszuwaschen im Stande sind, oder dieselbe in eine Form überzuführen, welche die Reinheit des Wassers und damit unser ästhetisches Gefühl nicht mehr beeinträchtigen. Ausserdem müsste das Filter diese Fähigkeit längere Zeit in gleichem Maasse beibehalten.

---

1) Boussingault, Recherches sur les quantités de nitrates, contenues dans le sol et dans les eaux. Compt. rend. Janv. 1857 p. 108. Referirt in Dingler's polyt. Journ. Bd. CXLIV.

In vollem Maasse erfüllt, wie wir bestimmt sagen können, keines der bisher gebräuchlichen Reinigungsverfahren diese Bedingungen, und selbst die Natur, die ohne unser Zuthun die Filtration in dem denkbar grössten Umfange ausführt, vermag nur in engen Grenzen uns das Geschenk des reinen Wassers zu überliefern, da auch ihre Filtrirmaterialien in ihrem Wirkungswerthe die grössten Differenzen zeigen. Boussingault[1]) zeigte, dass die Bodenbeschaffenheit einer Gegend z. B. auf den Salpetergehalt des ihn durchströmenden Wassers vom grössten Einflusse ist. Im Wasser der aus dem Syenit sich speisenden Seen konnte er kaum bestimmbare Spuren Salpeter, in den aus dem Quarzsandstein der Vogesen hervortretenden Wässern nicht über 0,5^{g} per Cubikmeter nachweisen. Dagegen enthalte das Wasser aus Kalkboden das Aequivalent von 15^{g} Kalisalpeter. Aber selbst in dem Rahmen dieser einzelnen geologischen Formationen kommen nothwendigerweise noch Schwankungen in grosser Breite vor, und zwar, wie Pettenkofer[2]) bei einer anderen Gelegenheit ausführt, abhängig von der physikalischen Aggregation des betreffenden Materials, insofern ein grosser Unterschied darin liege, ob z. B. der Keuper als loser Sand, oder als mehr oder minder compacter Felsen vorhanden ist.

Man hat, wie bekannt, das Verfahren der Natur künstlich herzustellen gesucht, indem man in verschiedenen Wasserwerken grosser Städte das aus Flüssen bezogene Trinkwasser durch mehr oder minder dicke Schichten von Sand und Kies filtrirt. Es wird jedoch hierdurch keine vollständige Reinigung in dem obigen Sinne erreicht, da zwar suspendirte Theilchen auf mechanische Weise in dem ein vielverzweigtes Capillarröhrensystem darstellenden Filter zurückbleiben, dagegen gelöste Körper nur insoweit zurückgehalten werden, als von ihnen an dem Filtrirmaterial durch Flächenattraction zu haften vermag. Es ist indessen auch möglich, dass nachfolgende Wassermassen diese in dem Filter zurückgebliebenen, gelösten Ver-

1) a. a. O.

2) Pettenkofer, Bemerkungen zu einem Bericht des Herrn Briquet an die französische Akademie der Medicin über die sogenannte Cholerabodentheorie. Deutsche medic. Wochenschr. 1877 Nr. 48.

unreinigungen nicht auszuwaschen vermögen. Dies geschieht aber nur dann, wenn eine oder mehrere der Capillarbahnen durch suspendirte Körper verstopft sind und dadurch ein weiteres Eindringen von Wasser in dieselben unmöglich gemacht wird.

Man sieht, dass einem solchen Reinigungsprocesse alles fehlt, um ein chemischer genannt werden zu können.

Anders gestalten sich dagegen die Dinge, wenn, wie seit langer Zeit geschieht, die Kohle und besonders die Thierkohle als Filtrirmaterial benutzt wird. Seitdem Figuier im Jahre 1811 die merkwürdige Eigenschaft derselben, Farbstoffe der verschiedensten Art in sich fest zurückzuhalten, entdeckte, wurde dieselbe eines der wesentlichsten Hilfsmittel in der umfangreichen Zuckerindustrie und damit auch der Ausgangspunkt zahlreicher Untersuchungen. Dieselben haben erwiesen, dass es kaum ein Metallsalz giebt, das sie nicht wenigstens theilweise aus Lösungen zurückhielte. So giebt u. A. eine salpeter- oder essigsaure Bleioxydlösung ihren ganzen Bleigehalt an dieselbe ab, desgleichen eine alkalische Bleilösung. Dasselbe findet mit einer ammoniakalischen Kupferoxydlösung statt, und zwar bindet die Kohle das Kupfer so fest, dass selbst concentrirte Lösungen von Ammoniak es aus ihr nicht auszuwaschen vermögen. Sie absorbirt ferner je nach ihrer Reinheit mehr oder minder Gase und verdichtet sie in sich. Stenhouse[1]) fand, dass

1 g	gewöhnl. Holzkohle	absorbirt	145 ccm	H_3N,	15 ccm	CO_2	und 158,7 ccm	HCl
1	gereinigte Thierkohle	„	210	H_3N,	185	HCl		
1	reine Kohle aus Theer	„	335	H_3N,	130	HCl		

Aber nicht nur unorganische Substanzen und Gase, sondern auch die mannigfaltigsten organischen Verbindungen, stickstoffreiche und stickstofffreie, aromatische Körper und deren Verbindungen nimmt sie, wie dies aus den Untersuchungen von Liebermann[2]) hervorgeht, auf und hält sie fest.

Claude Bernard hat auf das Vermögen derselben, Eiweiss aus seinen Lösungen zurückzuhalten, eine Methode der Enteiweiss-

1) Stenhouse, Ueber entfärbende Kohle und ihr Vermögen einige Gase zu absorbiren. Annalen d. Chemie u. Pharmac. 1857 S. 243.

2) Liebermann: Refer. im Archiv für experimentelle Pathologie Oct. 1877.

ung des Blutes begründet, die in neuester Zeit von Böhm und Hoffmann[1]) geprüft und als brauchbar befunden wurde.

Ich habe früher eine bisher nicht veröffentlichte Reihe von gewichtsanalytischen Bestimmungen über die Absorptionsfähigkeit gereinigter Thierkohle für Eiweiss angestellt, von denen ich hier einige folgen lasse.

I. Die Kohle (20g) befindet sich in fein gepulvertem Zustande auf einem Papierfilter und wird bei jedem dritten Versuch gewechselt.

1) 100ccm einer Hühnereiweisslösung enthalten	1,0274g Eiweiss		
Nach dem Filtriren durch Kohle und mehrmaligem Auswaschen des Filters giebt das Filtrat (durch HNO_3 gefällt und bei 100° getrocknet)	0,3806	„	
Es sind also zurückgehalten worden	0,6468	„	= 62,95 %.
2) 100ccm Hühnereiweisslösung enthalten . .	1,8536g Eiweiss		
Nach dem Filtriren (wie vorher)	0,8520	„	
Zurückgehalten	1,0016	„	= 54,05 %.
3) 100ccm Hühnereiweisslösung enthalten . .	2,2272g Eiweiss		
Nach dem Filtriren	0,7572	„	
Zurückgehalten	1,47	„	= 66,0 %.
4) 100ccm Serumalbuminlösung enthalten . .	2,052g Eiweiss		
Nach dem Filtriren	0,971	„	
Zurückgehalten	1,081	„	= 52,6 %.
5) 100ccm Serumalbuminlösuug enthalten . .	1,164g Eiweiss		
Nach dem Filtriren	0,554	„	
Zurückgehalten	0,61	„	= 52,5 %.
6) 100ccm Serumalbuminlösung enthalten . .	1,207g Eiweiss		
Nach dem Filtriren	0,609	„	
Zurückgehalten	0,598	„	= 49,5 %.

Es sind also im Mittel aus diesen sechs Versuchen zurückgehalten worden 56,3 % Eiweiss.

II. Die Kohle wird zu der Eiweisslösung gethan und mit ihr längere Zeit digerirt.

7) 100ccm Eiweisslösung mit einem Gehalte an Eiweiss von 2,7835g werden ca. 3—4 Stunden unter öfterem Umrühren mit 20g Kohle in Berührung gelassen und die Kohle dann auf dem Filter ausgewaschen.

Das Filtrat enthielt	0,6875g Eiweiss		
Zurückgehalten	2,096	„	= 75,3 %.

1) Böhm u. Hoffmann, Beiträge zur Kenntniss des Kohlehydratstoffwechsels. Arch. f. exper. Patholog. 1878 S. 273.

8)	100 ccm Eiweisslösung enthalten	3,0365 g	Eiweiss	
	Das Filtrat enthielt	0,9690	„	
	Zurückgehalten	2,0675	„	= 68,0 %.
9)	100 ccm Eiweisslösung enthalten	2,356 g	Eiweiss	
	Nach dem Digeriren mit 40 g Kohle enthielt das Filtrat	0,1575	„	
	Zurückgehalten	2,1985	„	= 93,3 %.
10)	100 ccm Eiweisslösung enthalten	2,6645 g	Eiweiss	
	Nach dem Digeriren mit 40 g Kohle . . .	0,3230	„	
	Zurückgehalten	2,3415	„	= 87,8 %.

Es sind also im Mittel aus diesen vier Versuchen zurückgehalten worden 81,1 % Eiweiss.

Man ersieht leicht aus diesen Belegen, dass die Absorptionsfähigkeit der Kohle für Eiweiss wächst mit der Menge derselben, mit der Dauer der Berührung des zu filtrirenden Materials und mit der Concentration des letzteren. Von fundamentaler Bedeutung ist aber die feste Bindung des zurückgehaltenen Körpers, der sich durch Lösungsmittel nicht wieder entfernen lässt.

Es ist selbstverständlich, dass bei einem Materiale von so bedeutender Leistungsfähigkeit das in der Wissenschaft und in der Technik nach den verschiedensten Richtungen hin Anwendung findet, auch die Schattenseiten bald aufgefunden wurden. Dieselben bestehen fast ausschliesslich in dem leichten Sättigungsvermögen der Kohle für heterogene Substanzen, so dass dieselbe, um dem gleichen Zwecke weiter dienen zu können, aufgefrischt d. h. von den zurückgehaltenen Substanzen befreit werden oder, wo dies nicht angeht, erneuert werden muss.

Gegen die Kohle als wasserreinigendes Mittel traten bald eine Reihe von anderen Substanzen in die Schranken, die nicht die Nachtheile der Kohle haben und deren Substitution für dieselbe deswegen in ökonomischer Hinsicht vortheilhafter sein sollte.

Ich betrachte, als dem Zwecke dieser Arbeit am nächsten liegend, nur das Eisen in den verschiedenen für die Filtration empfohlenen Modificationen. Im Jahre 1857 beschrieb Medlock[1]) ein

1) Medlock, Verfahren zum Reinigen des Wassers. Dingler's polyt. Journ. Bd. CXLVI S. 227.

patentirtes Verfahren zur Wasserreinigung. Dasselbe bestand darin, dass er in den Behälter, welcher das zu reinigende Wasser enthält, an quer durch denselben befestigte Eisenstangen lockere Bündel von Eisendraht aufhing. Derselbe sollte $^1/_{16}$″ dick sein, und der Erfinder rechnete $^1/_2$^{kg} dieses Drahtes auf 5000^{kg} Wasser. Das Wasser lässt er 24—48 Stunden mit dem Eisendraht in Berührung, und zwar je nach der Schnelligkeit, womit die durch solchen Contact veranlasste Fällung organischer Substanzen stattfindet, und dann filtrirt er das Wasser, um den Niederschlag zu trennen, durch ein Sandfilter.

Ueber den Vorgang macht er sich ganz eigenthümliche Vorstellungen. Er sagt: „Wenn das Wasser Stickstoff in irgend einer Form enthält, so werden bei seinem Contact mit dem Metalle die organische Substanz und das Ammoniak, welches im Wasser enthalten ist, zersetzt oder oxydirt, wodurch ein gewisser Theil der organischen Substanz und des Ammoniaks in salpetrige oder Salpetersäure (oder auch in beide) verwandelt wird, durch welche der Rest der organischen Substanz unauflöslich gemacht wird. Die salpetrige und Salpetersäure verbinden sich endlich mit dem Eisen oder mit einigen unorganischen Basen, wenn solche im Wasser vorhanden sind, und die unauflöslich gemachte organische Substanz wird nebst einem Theile der unorganischen Substanz gefällt.“

Man könnte aus diesen apodiktischen Angaben schon a priori die Unbrauchbarkeit der Methode folgern. Denn für grössere Verhältnisse z. B. der Reinigung von Wasser auf Wasserwerken würde eine zu grosse Menge von Eisen verbraucht werden, und der Process der Reinigung, wenn derselbe überhaupt in der angegebenen Weise stattfände, würde ein zu lang dauernder sein. Der letztere Umstand lässt auch die Anwendung für Hausfilter untauglich erscheinen.

Wie verhält es sich denn nun aber mit der reinigenden Wirkung des Eisens selbst? Es ist auffallend, dass mehr oder minder bei allen derartigen Anpreisungen jede Zahlenangabe über die Grösse der Wirksamkeit fehlt, und die Erfinder verlangen meist, dass man ihrem subjectiven Unterscheidungsvermögen für grössere oder geringere Reinheit den Werth experimenteller Belege zuer-

theilen solle. Aber auf diesem Wege können keine Thatsachen gewonnen werden, und deswegen ist wohl von vornherein allen derartigen Angaben Misstrauen entgegenzubringen.

Die Veränderungen, die das metallische Eisen in Flüssigkeiten erleidet, ist verschieden je nach der chemischen und physikalischen Beschaffenheit der letzteren. Crace Calvert[1]) hat in einer schönen Untersuchung dargethan, dass reines Eisen in möglichst gasfreiem Wasser keine Veränderung erleidet, dass es eben so wenig in einer trockenen Kohlensäure- als Sauerstoffatmosphäre angegriffen wird und dass die eben genannten Gase selbst in feuchtem Zustande einzeln nur eine minimale Einwirkung auf das Eisen zeigen. Die Bildung von Oxydationsproducten des Eisens, sei es nun die der Oxydul- oder Oxydsalze, setzt die Gegenwart feuchter Kohlensäure und von Sauerstoff voraus — oder von solchen Körpern, die mit dem Eisen galvanische Ströme zu erzeugen im Stande sind und so durch Wasserzersetzung Oxydation desselben hervorrufen. Es würde also, wenn in einem offenen Gefässe Eisen mit durch organische Substanzen verunreinigtem Wasser in Berührung kommt, jedenfalls eine Oxydation desselben stattfinden, ohne dass als Bezugsquelle des Sauerstoffs die organische Substanz in Anspruch genommen wird. Wenn also eine Einwirkung stattfindet, so geht sie von dem Eisenoxydhydrat aus. Es soll dieses, wie neuerdings noch Hofmann[2]) nachgewiesen hat, nach einiger Zeit leicht einen Theil seines Sauerstoffs an verwesende Substanzen abgeben, indem es sich hierbei in lösliches Ferrocarbonat umwandelt. In dieser Angabe ist die Tragweite der Wirkung des Ferrihydrates präcis begrenzt. Die fraglichen Substanzen müssen im Zerfall begriffen sein, und auch dann nur nach geraumer Zeit kann das Metalloxyd, wie es wahrscheinlich eine Reihe anderer Oxyde auch thun wird, seinen Sauerstoff wirken lassen. Direct darauf hinzielende Versuche haben mir gezeigt, dass ein verdünnter Harn mit Eisenoxydhydrat in Berührung sich sechs Tage lang vollkommen intact erhielt und dann alkalisch wurde, ohne dass während dieser Zeit salpetrige Säure

1) Crace Calvert: Comptes rend. LXX p. 453. Refer. in Dingler's polyt. Journ. Bd. CXCVI S. 129.

2) F. Hofmann, Die Wasserversorgung zu Leipzig S. 32.

oder Salpetersäure als solche oder in Verbindungen auftrat. Der Harn durchlief die gewöhnlichen Stadien der Zersetzung, gleichwie die ohne Eisen angesetzte Controlflüssigkeit. Ebenso konnte nach der gleichen Zeit eine mit oxydirten Eisenfeilspänen in Berührung gebrachte Zuckerlösung vollkommen intact gefunden werden. Hierbei wurde in der That ein ziemlich bedeutender Niederschlag in den Gefässen wahrgenommen; derselbe bestand jedoch aus fein vertheiltem Eisenoxydhydrat.

Es beweist das Angeführte, dass eine oxydirende Wirkung des Eisens und selbst des Eisenoxydhydrates auf gewisse organische Verbindungen und ein dadurch bewirkter Zerfall des Moleküls in Zeitgrenzen wie ich sie angegeben habe, nicht stattfindet, oder nur in so minimaler Weise, dass dadurch ein Einfluss auf verunreinigtes Wasser nicht sichtbar wird. Die Bildung von löslichen Oxydulsalzen ist kein Kriterium dafür, dass der aus dem Oxyd freigewordene Sauerstoff die organischen Substanzen verändert hat, da auch ohne dieselben kohlensaures Eisenoxydul entsteht.

Trotzdem sind mir die Angaben wohlbekannt, dass in eisenhaltigem Boden eine gesteigerte Salpeterbildung aus stickstoffhaltigen Substanzen stattfindet und dass Pflanzenfasern durch Rost zerstört werden; indess ist über die Zeitdauer, die für diese Processe nothwendig ist, nichts bekannt. Dieselbe ist aber unter allen Umständen so gross, dass eine Familie, die warten wollte, bis in ihrem Hausfilter die Reinigung schmutzigen Wassers durch Eisen erfolgt ist, — gewiss an Wassermangel zu Grunde ginge.

Der Anwendung des metallischen Eisens für Wasserreinigung redet auch Runge[1]) das Wort. Seine Erklärung der Wirkungsweise ist jedoch eine ganz verschiedene von der Medlock's. Von der Voraussetzung ausgehend, dass das Eisen den zu seiner Oxydation nothwendigen Sauerstoff der Luft entziehe, sieht er in demselben ein Mittel, das Wasser sauerstofffrei und dadurch immun gegen Fäulnissprocesse in demselben zu machen.

Abgesehen von der technischen Schwierigkeit, selbst nur für Schiffe ganz luftdicht schliessende und doch jederzeit zugängliche

1) Dingler's polyt. Journ. Bd. CXCVI S. 171.

Wasserreservoirs herzustellen, so liegt in der Ausführung Runge's ein Irrthum. Denn wenn wir den vagen Begriff der organischen Substanzen und alle die Consequenzen, die bisher aus demselben gezogen wurden, auf die niederen Pilze und deren Keime übertragen, so sieht man ein, dass die Abhilfe, welche durch den dem Wasser entzogenen Sauerstoff geschafft werden soll, eine hinfällige ist; denn wir sind nicht im Stande, das Wasser von diesen mit Allgegenwart begabten Organismen zu befreien, oder andererseits so zu entgasen, dass in Folge dessen ein Absterben derselben stattfände.

Wir wissen ferner aus den Untersuchungen von Gérardin[1]), dass die schlechtesten Wässer z. B. die Abflusswässer aus Darmsaiten- und Pappenfabriken, aus Lohgerbereien, Knochenbrennereien u. s. w. entweder gar keinen oder nur Spuren von gelöstem Sauerstoff enthalten, und trotzdem sind dieselben die günstigsten Brutstätten und gewähren die geeignetsten Lebensbedingungen für die niederen Pilze, deren physiologischem Wirken allein das Verschwinden des Sauerstoffs zuzuschreiben ist.

Es unterliegt daher keinem Zweifel, dass Oxydation des Eisens und Wachsthum und Vermehrung niederer Pilze in einem, wenn auch nur in minimaler Weise mit der Luft communicirenden Gefässe Hand in Hand gehen kann und geht. Ja, wenn wir überdies auf die Vorstellung eingehen wollten, dass das Eisenoxyd einen Theil seines Sauerstoffs an diese organischen Substanzen wieder abgebe, so wäre damit sowohl die Ansicht Medlock's als auch Runge's über die reinigende Wirkung des Eisens widerlegt.

Zu dem gleichen Zwecke wie das metallische Eisen wurde von Spencer[2]) ein kohlehaltiges Eisenoxydul-Oxyd, dargestellt durch Glühen eines Gemenges von Rotheisenstein mit Sägespänen, empfohlen. Es stellt dieses Präparat einen künstlichen Magneteisenstein dar, der grosse Porosität besitzt. Mit Sand gemischt soll er nach der Angabe des Erfinders alle organischen, im Zustande

1) Gérardin, Altération, corruption et assainissement des rivières. Annales d'hygiène publ. IIe Série Janvier 1875.

2) Dingler's polyt. Journ. Bd. CXCV.

der Fäulniss befindlichen Verunreinigungen beseitigen, wohingegen unzersetzte organische Substanz ein längeres Filtriren erfordert. Die Producte der Zersetzung sollen Kohlensäure und salpetrigsaure oder salpetersaure Salze sein. Zahlenangaben fehlen auch hier. Dieses Material hat, abgesehen von der Porosität, nichts vor dem metallischen Eisen voraus, und gilt das dort Gesagte auch hier.

Ich wende mich nun zu der Betrachtung des Eisenschwammes. Durch gütige Vermittlung des Herrn Prof. Finkelnburg wurde mir vom Erfinder desselben, Herrn Bischoff, ein vollkommen damit eingerichtetes Filter aus Steingut zur Verfügung gestellt. Ich habe mit demselben, da das provisorische hygienische Laboratorium zu München augenblicklich keinen verfügbaren Arbeitsplatz mehr besass, im physiologischen Institute daselbst eine Reihe von Versuchen angestellt, bei denen mir Herr Prof. Forster mit freundlichem Rathe zur Seite stand.



Wegen des leichteren Verständnisses der Versuche und weil, wie ich glaube, die Filterconstruction eine sehr glückliche ist, gebe ich einen schematischen Durchschnitt des von mir gebrauchten Filters nach des Erfinders Zeichnung: *B* ist die umgestülpte Füllflasche für das zu filtrirende Wasser, *E* ein herausnehmbares, am Boden geschlossenes Gefäss, das etwa zu $^3/_4$ seines Inhaltes mit Eisenschwamm gefüllt ist und an einer Seite einen, seine ganze Höhe durchlaufenden Canal besitzt, der unweit seiner Mündung am oberen Rande des Gefässes eine Abflussöffnung (*I*) besitzt. *F* stellt eine Lage Mangansuperoxyd, *G* eine Schicht Quarzsand vor. *C* ist das

Reservoir für das filtrirende Wasser, das bei *H* in einem feinen Strahle die Filtrirschichten verlässt, und *A* ist eine Regulatorkapsel.

Der Mechanismus der Filtration ist der, dass das hineingegossene Wasser vom Boden des Gefässes *E* aus in der Richtung des Pfeiles in dem Canal aufsteigt, bei *I* das Gefäss verlässt und nachdem es nun noch die Braunstein- und die Sandschicht passirt hat, aus *H* in das Reservoir gelangt. Der Braunstein, der schon früher für sich allein als Filtrationsmaterial empfohlen wurde, soll nach der Angabe Bischoff's den Zweck haben, in Lösung gegangenes Eisenoxydul in Oxyd zurückzuverwandeln, und der Sand, das mitgerissene Ferrihydrat zurückzuhalten.

Man sieht, dass für den räumlichen und zeitlichen Contact des zu filtrirenden Wassers mit dem Filtrirmaterial die grösste Möglichkeit gegeben ist, und wenn der Eisenschwamm so die durch ihn fliessenden gelösten und suspendirten Körper zurückhielte, wie wir es früher als Postulat hinstellten, dann würde der Apparat allen Anforderungen, die überhaupt an einen solchen gestellt werden könnten, genügen.

Der Eisenschwamm stellt eine feste, ziemlich poröse Masse dar, die nur aus metallischem Eisen besteht. Er wird aus den für die Beschickung des Hohofens verwandten Eisenerzen in einer bestimmten Region des Hohofens gewonnen, und zwar in der sogenannten Reductionszone, dem Orte, wo die Erze durch das aus dem Heizmaterial gebildete Kohlenoxyd und dem vorhandenen freien Wasserstoff zu kohlefreiem Eisen d. i. zu Eisenschwamm reducirt werden.

Nach einer Angabe Bischoff's wiegt ein Cubikfuss Eisenschwamm ungefähr 55^{kg}, während das Gewicht einer gleichen Menge geschmolzenen Eisens 225^{kg} beträgt.

Bischoff[1]) hat nun verschiedene zum Theil auch quantitative Versuche mit diesem Material angestellt, die ihn zu dem Ergeb-

1) Bischoff, Ueber das Reinigen des Wassers und über die Wirkung des Eisenschwammes auf unreines Wasser. Vortrag gehalten in der Philosophical Society zu Glasgow. Dingler's polyt. Journ. Bd. CCX S. 45.

Bischoff, Ueber faulende organische Materie im Trinkwasser. Deutsche Vierteljahrschr. f. öffentl. Gesundheitspflege Bd. IX Hft. 4 S. 627.

nisse führten, dass der Eisenschwamm in seiner Wirksamkeit und Dauerhaftigkeit der Kohle vorzuziehen sei. Er hatte schon als Basis die Angaben von Medlock und Spencer, und die Namensanalogie zwischen Eisenschwamm und Platinschwamm scheint ihm überdies die Möglichkeit nahegelegt zu haben, dass gleichwie der letztere Alkohol zu Essigsäure oxydirt, so auch der Eisenschwamm eine ähnliche Wirkung besitzen könnte.

In seinem oben citirten Vortrage giebt er an, dass Wasser durch Eisenschwamm zersetzt, Salpetersäure zu Ammoniak reducirt wird, dass stickstoffhaltige organische Körper zerlegt und der organische Kohlenstoff beim Filtriren beträchtlich vermindert wird. Es gehen also hier Reductions- und Oxydationsprocesse harmonisch Hand in Hand, um je nach der Beschaffenheit der anzugreifenden Stoffe dem Wasser eine möglichst grosse Reinheit zu verleihen. Es ist indess leider aus den Abhandlungen Bischoff's nicht zu ersehen, wie er sich so heterogene Processe von einem Körper ausgehend vorstellt, da seine Angaben hierüber verschieden sind. Er sagt: „Die am nächsten liegende Erklärung für die Zersetzung des Wassers ist der innige Contact zwischen elektropositiven und elektronegativen Körpern, wie metallischem Eisen und Kohlenstoff, oder selbst metallischem Eisen und einem der Reduction entgangenen Antheile Eisenoxyd, und es lässt sich wohl annehmen, dass in Folge des so hervorgerufenen galvanischen Stromes der im Wasser gelöste atmosphärische Sauerstoff ozonisirt und als kräftig oxydirendes Agens zu wirken befähigt wird." Kurz vorher lässt er jedoch die salpetersauren und salpetrigsauren Salze durch die Wasserzersetzung resp. durch den nascirenden Wasserstoff in Ammoniak übergeführt werden. Also Bildung von Ammoniak aus salpetersauren Salzen, Auftreten desselben im Filtrate und zugleich eine Zunahme von salpetersauren Salzen, die aus organischen Körpern herrühren, sollen gleichzeitige Effecte des Eisenschwammes sein, hervorgerufen durch Ozon und nascirenden Wasserstoff.

In einer späteren Arbeit finden wir aber eine andere Erklärungsweise. Darnach ist das Ferrihydrat der Sauerstoff abgebende Körper für die Oxydation organischer Körper, und das hierdurch gebildete

Eisenoxydulhydrat der Sauerstoff aufnehmende zur Bildung von Ammoniak aus salpeter- und salpetrigsauren Salzen.

Hiermit wäre uns demnach, wenn der Vorgang der Wasserreinigung durch den Eisenschwamm so abliefe, in dem letzteren eines der mächtigsten, mit einer nie versiegenden chemischen Kraft begabten Agentien gegeben.

Ich habe jedoch bereits früher nachzuweisen gesucht, dass das Eisenoxydhydrat in Zeitgrenzen, die hier allein in Betracht kommen können, die ihm zugeschriebene Wirkungsweise nicht besitzt, und ich werde später zeigen, dass auch das Eisenoxydulhydrat resp. das kohlensaure oder basisch kohlensaure Eisenoxydul diesen Einfluss vermissen lassen.

Damit sei jedoch nicht behauptet, dass nicht unter gewissen Umständen dergleichen Zersetzungsproducte aus organischen Substanzen in dem Filter auftreten könnten. Denn wir wissen ja, dass aus stickstoffhaltigen Substanzen bei der Fäulniss, sehr wahrscheinlich durch die Wirksamkeit organisirter Fermente, salpetersaure Salze entstehen und dass ferner eine weitere Zerlegung dieser Salze, wenn sie mit faulender thierischer Materie in Berührung kommen, in Ammoniak stattfinden kann. So zeigte Pelouze[1]), dass Salpeter in einer Auflösung von Eiereiweiss langsam verschwindet und seine Säure sich in Ammoniak verwandelt.

Wenn demnach selbst beim längeren Verweilen stickstoffhaltiger Materie in dem Filter solche Umsetzungen stattfänden, so wäre noch nicht der Schluss erlaubt, dass das Eisenoxydul-Oxyd oder der Eisenschwamm die Ursache derselben sei, eben so wenig als wenn man behaupten wollte, dass durch die Berührung des Eisenschwamms mit einer Lösung von Cyankalium dieses in ameisensaures Kali und Ammoniak verwandelt wird; denn diese Umwandlung trifft schon an und für sich bei der Berührung mit Wasser ein.

Ich lasse nunmehr die Versuche, die ich mit dem Eisenschwammfilter angestellt habe, folgen. Als geeignetstes Mittel, um Bischoff's Angaben hinsichtlich der N-haltigen Substanzen zu prüfen, erschien

1) vid. Boussingault l. c.

mir der Harn, umsomehr als der normale Harn weder Nitrate noch Nitrite enthält, und weil deshalb bei der Bestimmung des Gesammtstickstoffgehaltes des Filtrates leicht der etwa in Salpetersäure umgewandelte Stickstoff auszuschliessen war. Der Stickstoff wurde nach der Methode von Seegen durch Glühen mit Natronkalk, Auffangen des Ammoniaks in einer bekannten Schwefelsäure und Titriren derselben mit Barytwasser bestimmt.

In den ersten Versuchen wurde der Stickstoffgehalt der einzelnen Filtratmengen nach jedesmaliger sorgfältiger Ausspülung des Reservoirs festgestellt, später die Menge desselben in einem Bruchtheile des Gesammtfiltrates bestimmt. Die angegebenen Zahlen sind die Mittelwerthe aus zwei gut übereinstimmenden Bestimmungen.

Wenn die N-haltigen Substanzen durch den Eisenschwamm gleichwie in der Kohle zurückgehalten würden, so dürfte man dieselben durch Auswaschen des Filters nicht im Filtrate erhalten, und würden dieselben nach Bischoff's Angabe zerlegt, so müsste das in den Stickstoffbestimmungen erhaltene Deficit die Grösse der Umsetzung anzeigen.

Der Apparat wurde mehrere Tage lang vor der Inangriffnahme zur Entfernung von in den Materialien enthaltenen Verunreinigungen durchspült, so dass die Filtrationsmedien und das Gefäss *E* beim Beginn des Versuches mit Wasser gesättigt waren.

I. Versuch.

Es wurden in den Apparat eingegossen:

2 l verdünnter Harn. React. sauer. Spec. Gew. 1,011.

Trockenrückstand von 100 ccm	2,0 g
Stickstoffgehalt „ 10 „	0,0816 g
Gesammtrückstand in 2 l	40 g
Gesammtstickstoffgehalt in 2 l	16,325 g.

Es filtrirten 1930 ccm einer leicht gelblichen, neutral reagirenden Flüssigkeit.

Trockenrückstand von 100 ccm	0,55 g
Stickstoffgehalt „ 10 „	0,0219 g
Gesammtrückstand in 1930 ccm	10,615 g
Gesammtstickstoffgehalt in 1930 ccm . .	4,2325 g.

Nach 24 Stunden wurden 2 l destillirtes Wasser eingegossen.
Es filtrirten 1980 ccm einer neutralen gelb gefärbten Flüssigkeit.

Trockenrückstand von 100 ccm	0,7 g
Stickstoffgehalt „ 10 „	0,0347 g
Gesammtrückstand in 1980 ccm	13,86 g
Gesammtstickstoffgehalt in 1980 ccm .	6,8706 g.

Nach 12 Stunden wurden 2 l destillirtes Wasser eingegossen.
Es filtrirten 2 l einer neutralen gelblichen Flüssigkeit.

Trockenrückstand von 100 ccm	0,48 g
Stickstoffgehalt „ 10 „	0,0192 g
Gesammtrückstand in 2 l	9,60 g
Gesammtstickstoffgehalt	3,8314 g.

Nach 12 Stunden wurden 2 l destillirtes Wasser eingegossen.
Es filtrirten 1985 ccm einer ziemlich farblosen neutralen Flüssigkeit.

Trockenrückstand von 100 ccm	0,2 g
Stickstoffgehalt „ 10 „	0,0044 g
Gesammtrückstand in 1985 ccm	3,97 g
Gesammtstickstoffgehalt in 1985 g . .	0,8817 g.

Es wurden noch 1500 ccm destillirtes Wasser eingegossen, die im Filtrate (1480 ccm) einen Gesammtrückstand von 1,776 g ergaben, aber nur noch Spuren von Stickstoff, so dass dessen genauere Bestimmung unterlassen wurde.

Ueberblicken wir das Resultat dieses Versuches, so finden wir Folgendes:

Es wurden in den Apparat eingeführt: 2 l Harn mit 16,325 g N und 40 g Rückstand. Durch Nachspülen mit 7½ l Wasser wurden erhalten: 15,816 g N und 39,821 g Rückstand.

Es fehlen somit: 0,508 g N (3 %) und 0,179 Trockenrückstand (0,4 %).

Dass dieser Erfolg kein nennenswerther ist, braucht wohl kaum auseinandergesetzt zu werden, zumal wenn man bedenkt, dass das letzte Waschwasser noch Spuren von Stickstoff enthielt und dass ein solches Deficit, trotz der möglichsten Sorgfalt, bei dem für eine solche Untersuchung complicirten Bau des Apparates leicht zu Stande kommen kann.

Die gefundenen Zahlen kennzeichnen aber schon zur Genüge die Vorgänge bei der Filtration. Man sieht, dass die Stickstoffmenge der einzelnen Filtrate eine Curve bildet, deren grösste Erhebung bei der zweiten Filtration liegt und die dann gradatim abfällt. Es erklärt sich dies leicht aus der Construction des Apparates. Derselbe ist beim Beginn des Versuches so mit Wasser gefüllt, dass die einzelnen Filtrationsmedien sowohl, als auch die Hohlräume zwischen deren einzelnen Bestandtheilen mit Wasser

gesättigt resp. gefüllt sind. Wird nun die zu filtrirende Flüssigkeit eingegossen, so verdrängt sie das im Apparate befindliche Wasser und mischt sich nur in geringem Grade mit dem letzteren, und deswegen ist auch der Stickstoffgehalt des ersten Filtrates ein geringer. Jetzt enthält der Apparat jedoch die Hauptmasse der N-haltigen Substanz und eine erneute Wasserzufuhr muss dieselbe, wie es auch der Versuch zeigt, zu Tage fördern.

Es lag nun jedoch die Möglichkeit vor, dass der Eisenschwamm vielleicht seine reinigende Wirkung erst bei stärkerer Concentration der zu filtrirenden Flüssigkeit zeige. Es wurde deswegen, zugleich auch um das zuerst erlangte Resultat zu prüfen, der folgende Versuch angestellt, nachdem der Apparat sorgfältig gereinigt war.

II. Versuch.

Es werden in 24 Stunden in zwei Theilen in den Apparat eingeführt:

3 l Harn. React. sauer.

Trockenrückstand in 100 ccm	0,8 g
Stickstoffgehalt „ 10 „	0,0633 g
Gesammtrückstand	24 g
Gesammtstickstoffgehalt	18,9906 g.

I. Filtrat: 1980 ccm, neutral.

Trockenrückstand in 100 ccm	0,45 g
Stickstoffgehalt „ 10 „	0,0139 g
Gesammtrückstand in 1980 ccm	8,91 g
Gesammtstickstoffgehalt in 1980 ccm	2,7486 g.

II. Filtrat: 990 ccm, neutral, gelblich.

Trockenrückstand in 100 ccm	0,5 g
Stickstoffgehalt „ 10 „	0,0311 g
Gesammtrückstand in 990 ccm	4,95 g
Gesammtstickstoffgehalt in 990 ccm	3,0785 g.

Es wird in den Apparat wiederum eingeführt:

1 l Harn. React. sauer.

Trockenrückstand in 100 ccm	2,45 g
Stickstoffgehalt „ 10 „	0,0572 g
Gesammtrückstand	24,5 g
Gesammtstickstoffgehalt	5,7194 g.

III. Filtrat: 985 ccm, neutral, gelb gefärbt.

Trockenrückstand in 100 ccm	0,1 g
Stickstoffgehalt „ 10 „	0,0433 g
Gesammtrückstand in 985 ccm	9,85 g
Gesammtstickstoffgehalt in 985 ccm	4,2662 g.

Es werden 2 l Wasser eingegossen.

IV. Filtrat: 1980 ccm, neutral, gelb gefärbt.

Trockenrückstand in 100 ccm	0,8 g
Stickstoffgehalt „ 10 „	0,0472 g
Gesammtrückstand in 1980 ccm	15,84 g
Gesammtstickstoffgehalt in 1980 ccm .	9,3454 g.

Es werden 2 l Wasser eingegossen.

V. Filtrat: 1975 ccm, leicht gelb gefärbt.

Trockenrückstand in 100 ccm	0,4 g
Stickstoffgehalt „ 10 „	0,0205 g
Gesammtrückstand in 1975 ccm	7,90 g
Gesammtstickstoffgehalt in 1975 ccm .	4,0468 g.

Es wird 1 l Wasser eingegossen.

VI. Filtrat: 980 ccm, fast farblos, neutral.

Trockenrückstand in 100 ccm	0,25 g
Stickstoffgehalt „ 10 „	0,0083 g
Gesammtrückstand in 980 ccm	2,45 g
Gesammtstickstoffgehalt in 980 ccm .	0,8163 g.

Das Resultat dieses vier Tage dauernden Versuches ist, wie ersichtlich, noch ungünstiger für das Filter ausgefallen als das des ersten.

Es wurden eingeführt:

4 l Harn mit einem Stickstoffgehalte von . .	24,7100 g
Durch Nachspülen mit 5 l Wasser erhalten .	24,3018 g.

Es fehlen somit 0,41 g (1,6 %).

Der Trockenrückstand der eingeführten Substanz betrug	48,5 g
Erhalten wurden	49,9 g.

Die geringe Zunahme des Trockenrückstandes ist darauf zurückzuführen, dass zu diesem Versuche Wasserleitungswasser verwandt wurde.

Die Curve der Stickstoffabgabe verläuft auch in diesem Versuche in der oben geschilderten Weise und ziemlich gleichmässig mit ihr die Ausscheidung der unorganischen Substanzen.

Weder in dem ersten noch in diesem Versuche gelang es mir, auch nach dem Eindampfen bedeutender Filtratmengen Nitrate oder Nitrite nachzuweisen; ebenso war nie Ammoniak aufzufinden. Dagegen konnte ich stets Eisenoxydul nachweisen. Ob hier eine Einwirkung des sauren Harns resp. seines sauren phosphorsauren Natrons auf das Eisen stattgefunden hat und dadurch die Filtrate neutral reagirten, vermag ich nicht anzugeben. Es ist indess leicht zu zeigen, dass, wenn man 1 l destillirtes Wasser filtrirt und das

Filtrat eindampft, auch Eisen, wenn gleich nur in geringer Menge, im Rückstande vorhanden ist, so dass der Braunstein nicht das leistet, was Bischoff ihm zuschreibt.

In dem eben angeführten Versuche habe ich gezeigt, dass auch eine grössere Menge von eingeführter N-haltiger Substanz die Wirksamkeit des Filters nicht hervorzurufen im Stande ist.

Die folgenden Versuche, bei denen nur ein Bruchtheil des Gesammtfiltrates zur Untersuchung kam, beweisen, was schon vorauszusehen war, dass auch kleinere Quantitäten unverändert das Filter passiren.

III. Versuch.

Es werden in den Apparat eingeführt:

500 ccm Harn. React. sauer.

Stickstoffgehalt in 10 ccm . . . . 0,1261 g

Gesammtstickstoffgehalt . . . . 6,3029 g.

Innerhalb zweier Tage werden 6780 ccm destillirtes Wasser nachgegossen. Hierin beträgt der

Stickstoffgehalt in 10 ccm . . . . 0,0091 g

Gesammtstickstoffgehalt . . . . 6,1373 g.

Die Differenz zwischen eingeführtem und erhaltenem Stickstoff ist demnach 0,1657 g (2,6 %).

IV. Versuch.

Es werden in den Apparat eingegossen:

50 ccm Harn. React. sauer.

Stickstoffgehalt in 10 ccm . . . . 0,19 g

Gesammtstickstoffgehalt . . . . 0,95 g.

Das erhaltene Gesammtfiltrat wird bis auf 850 ccm eingedampft.

Stickstoffgehalt in 10 ccm . . . . 0,0011 g

Gesammtstickstoffgehalt . . . . 0,9174 g.

Es fehlen somit 0,0326 g (3,4 %).

Ich füge hier gleich einen Versuch an, der nicht in dem Filter, sondern in einer als Bürette hergerichteten Glasröhre (38 cm lang, 2 1/4 ccm Durchmesser) mit 180 g Eisenschwamm angestellt wurde.

V. Versuch.

Es wurden in die Röhre eingegossen 80 ccm einer Eiereiweisslösung.

Dieselben enthielten . . . . 0,296 g Eiweiss.

Nach 48 Stunden wurde die Flüssigkeit abgelassen und die Röhre ausgespült.

Das Filtrat enthielt . . . . 0,288 g Eiweiss.

Es fehlen somit 0,008 g (2,7 %).

Es beweisen diese Versuche zur Genüge, dass hinsichtlich der stickstoffhaltigen Substanzen das Eisenschwammfilter keinerlei Wirkung äussert. Weder findet eine Zerlegung derselben statt, noch auch werden sie so zurückgehalten, dass sie sich nicht mit Leichtigkeit auswaschen liessen.

Mir ist nicht bekannt, auf welche Weise die englische Rivers Pollution Commission, die sich ebenfalls mit dem Eisenschwammfilter beschäftigte, die betreffenden, ziemlich günstig ausfallenden Versuche anstellte. Wenn dieselben, wie ich aus dem mir vorliegenden Auszuge des Berichtes schliessen muss, so angestellt sind, dass beliebige Theile des Filtrates zur Untersuchung herausgenommen und mit dem hineingeleiteten Wasser verglichen wurden, so haften dieser Methode so viele und grosse Fehler an, dass die allergünstigsten Wirkungen dadurch vorgetäuscht werden können. Am auffallendsten ist die Behauptung, dass bei einem Vergleiche des filtrirten Wassers, welches die bekanntesten Filter lieferten, das des Eisenschwammfilters das einzige war, in welchem keine lebenden und sich bewegenden Organismen entdeckt werden konnten.

Um so auffallender ist dies Resultat, als man sogar von der Kohle weiss, dass sie, wenn sie einige Zeit im Gebrauch war, nicht im Stande ist, diese Mikro-Organismen vollkommen zurückzuhalten. Müller[1]) wies nach, dass Sporen niederer Organismen durch gepresste Kohlefilter hindurchgehen. Ich kann nun mit vollster Bestimmtheit angeben, dass, wenn man nur 10^{ccm} eines bewegliche Bacterien enthaltenden Harns mit 2^{l} Wasser mischt und durch das Eisenschwammfilter hindurchlässt, im Filtrate zahlreiche Bacterien nachzuweisen sind.

Auch der Geruch fauliger Substanzen wird nur in geringem Maasse durch den Eisenschwamm entfernt.

Bischoff giebt ferner an, dass auch der Kohlenstoff eingeführter organischer Substanzen in dem Filter eine Verminderung erleide. Dieser Vorgang müsste einen Zerfall der betreffenden Verbindung und ein Freiwerden von Kohlensäure bedingen.

1) J. Müller, Ueber den Werth der aus plastischer Kohle gefertigten Wasserfilter. Archiv d. Pharmac. Bd. 201 S. 5.

Zur Prüfung dieser Angabe verwandte ich Milchserum, das Chlornatrium enthielt.

Der Versuch wurde ganz in der früher angegebenen Weise angestellt und der Milchzucker mit Fehling'scher Lösung bestimmt.

VI. Versuch.

Es wird in den Apparat eingeführt:

1 l Milchserum.

Gesammtzuckergehalt	1,2468 g
Chlornatrium	42,10 g.

I. Filtrat (nach mehrmaligem Zurückgiessen) 1190 ccm hat	0,4132 g Zucker 13,09 g ClNa.
1 l Wasser eingegossen:	
II. Filtrat 980 ccm	0,3525 g Zucker 12,25 g ClNa.
1 l Wasser eingegossen:	
III. Filtrat 1 l	0,252 g Zucker 9,0 g ClNa.
1 l Wasser eingegossen:	
IV. Filtrat 1 l	0,1923 g Zucker 5,4 g ClNa.
1 l Wasser eingegossen:	
V. Filtrat 990 ccm	Nicht bestimmbare Spuren von Zucker. 2,3 g ClNa.

Das Resultat ist demnach folgendes:

Es wurden eingeführt . . . . 1,2468 g Zucker und 42,10 ClNa
Es wurde erhalten . . . . . . 1,21 g „ „ 42,01 ClNa.

Somit fehlen 0,0368 g Zucker (2,9 %)
und 0,06 g ClNa (0,1 %).

Auch das Ergebniss dieses Versuches harmonirt mit den vorhergegangenen, — es beweist die Wirkungslosigkeit des Filtrirmaterials auch auf stickstofffreie organische Substanzen in einem Zeitraume von mehr als drei Tagen.

Was nun die Veränderungen des Eisenschwammes selbst anlangt, so zeigte es sich, dass kurz nach der Filtration nur die oberste Schicht desselben oxydirt war, während die tieferen Schichten fast durchgehends intacten Eisenschwamm aufwiesen.

Ich komme nunmehr schliesslich zur Betrachtung der Veränderungen, die bleihaltiges Wasser in Berührung mit Eisenschwamm erleidet. Es ist bekannt, dass, wenn man einen Metallstreifen aus Kupfer, Eisen oder Zink in die Lösung eines Bleisalzes legt, das Blei sich aus seiner Lösung auf dem Metalle niederschlägt und dass hierfür ein aliquoter Theil des hineingetauchten Metalles an die Stelle des Bleies tritt.

Löst man 1^g Bleinitrat in 1^l Wasser und giesst diese Lösung in den Apparat, so sieht man alsbald eine Fällung auftreten, das Blei schlägt sich auf dem Eisen nieder und in dem Filtrate sind, selbst wenn es zur Trockne eingedampft wird, nur Spuren von Blei nachzuweisen.

Ich habe diesen Versuch öfter und stets mit dem gleichen Resultate wiederholt. Aber statt des Bleies enthält nun das Filtrat bedeutende Mengen von Eisen.

Es ist aber leicht einzusehen, dass der Eisenschwamm, an dessen Oberfläche sich jetzt das Blei befindet, oder selbst die Sandschicht, in welcher mitgerissene Bleipartikel vorhanden sein können, nunmehr, wenn bleifreies Wasser filtrirt wird, Bleiquellen darstellen, aus denen das Blei eben so leicht in Lösung gehen kann, wie es in Bleiröhren geschieht.

Aendert man den Versuch ab und filtrirt das Blei statt in saurer in alkalischer Lösung, so gelingt es, das Blei im Filtrate in viel bedeutenderer Menge neben Eisen wieder zu gewinnen.

Die angestellten Versuche zwingen uns daher, eine chemische Einwirkung des Eisenschwammes auf organische Substanzen bei der Filtration vollkommen zu negiren und ihm hinsichtlich des Zurückhaltens von gelöstem Blei nur einen bedingten Werth zuzuerkennen.

So vorzüglich auch die Einrichtung des ganzen Filtrirapparates ist, so leistet er nicht mehr, ja vielleicht wegen der grösseren Hohlräume, die zwischen den einzelnen Stückchen des Eisenschwammes sich befinden, weniger als ein Quarzsandfilter. Er ist nicht im Stande, mikroskopische Organismen zurückzuhalten, und vermag nur suspendirte Körper am Filtriren zu hindern.

Kohlenoxyd und gusseiserne Oefen.

Von

Dr. med. **Gustav Wolffhügel,**

I. Assistent des hygienischen Instituts und Docent an beiden Hochschulen in München.

Im Bande XII d. Z. f. Biol. (S. 696) habe ich zu einer Besprechung der Streitfrage, ob man der durch einen glühenden gusseisernen Ofen möglichen Kohlenoxyddiffusion eine sanitäre Bedeutung beimessen dürfe, schon einmal Raum gefunden und mich gegen die Annahme einer Schädlichkeit ausgesprochen. Dazu bestimmten mich einestheils Bedenken gegen die seitherigen Untersuchungsmethoden, anderntheils waren es theoretische Erwägungen und die alltägliche Erfahrung, mit welchen ich meine Ansicht zu begründen suchte.

Seit jener Meinungsäusserung sind wieder einige Arbeiten erschienen, in welchen der Nachweis von Kohlenoxyd in der Heizluft eiserner Heizapparate theils mit positivem, theils mit negativem Erfolge versucht worden war. Zunächst hatte Dr. R. Kaiser[1]) Untersuchungen an der Luftheizung des bayer. Gewerbemuseums zu Nürnberg veröffentlicht, in welchen das Vorhandensein von Kohlenoxyd in der Heizluft sowohl mittelst Oxydation durch eine Chromsäurelösung, als auch mittelst Absorption durch eine Lösung von Kupferchlorür in concentrirter Salzsäure nachgewiesen wurde. Gleichzeitig waren durch Absorption mit absolutem Alkohol in der Heizluft Russ und theerartige Producte in grösserer Menge gefunden worden, dagegen hatten die Bestimmungen der Kohlensäure und

---

1) Mittheilungen des bayer. Gewerbemuseums 1877 Bd. I S. 2.

des Wassergehaltes der Luft vor ihrem Eintritte in den Heizapparat und nach ihrem Austritte keine erheblichen Differenzen ergeben.

Versuchszahlen giebt Dr. R. Kaiser nicht an, auch ist der Bericht über die Versuchsanordnung so kurz und bündig, dass der Kritik jeder nähere Einblick versagt ist. Trotzdem zweifle ich nicht an der Richtigkeit der Angaben, ich halte den Nachweis von Kohlenoxyd in der Heizluft des Gewerbemuseums für erbracht, ja, es würde mich wundern, wenn neben der starken Verunreinigung mit Russ und theerartigen, brenzlichen Stoffen nicht auch Kohlenoxyd zu finden gewesen wäre. Dr. R. Kaiser nimmt an, dass die theerartigen, brenzlichen Substanzen und der Russ durch eine ganze oder theilweise Zersetzung der organischen Gemengtheile des Staubes an den stark erhitzten Wänden der Caloriferen, also in Folge vernachlässigter Reinhaltung der Heizkammer, entstanden sei; die Entstehung von Kohlenoxyd in der Leitungsluft sei vielleicht auf die gleiche Ursache zurückzuführen oder auch in der Permeabilität des glühenden Eisens zu suchen.

Dass Störungen dieser Art in Folge eines unreinlichen, nachlässigen Betriebes vorkommen, ist wohl ausser Frage; ich selbst habe im Bande XII d. Z. f. Biol. S. 698 auf einen solchen Fall aufmerksam gemacht, der in München beobachtet worden war. Der Bericht von Dr. R. Kaiser lässt uns aber in Zweifel, ob man nach der Entstehungsursache in der Heizkammer zu suchen überhaupt für werth gefunden oder sich mit Vermuthungen begnügt habe. Für mich hat es grössere Wahrscheinlichkeit, dass eine grobe Undichtigkeit der Caloriferen, sei es in Folge schadhaften Zustandes oder schlechter Construction der Heizanlage, sich hätte finden lassen. Wäre eine Verunreinigung der Heizkammer mit Staub allein die Ursache gewesen, so hätte sich der Befund in einigen Tagen ändern müssen, während doch an zehn verschiedenen Tagen das gleiche Resultat erhalten worden war. Um Missstände zu erzeugen, wie Dr. R. Kaiser sie beobachtet hat, muss die Staubablagerung auf den Caloriferenwandungen schon eine dichte sein; zu einer solchen Staubschichte kommt es aber nur allmählich, wohl nur in der Zeit ausserhalb der Heizperiode, wenn nicht gerade die Heizanlage eine so verunglückte ist, dass sie

anstatt reiner Luft Wolken von Strassenstaub in die Heizkammer treten lässt.

Dr. R. Kaiser geht daher in seinen Schlüssen entschieden zu weit, wenn er mit seinem concreten Falle, aus welchem sich vorerst nur ein Vorwurf gegen das Heizbetriebspersonal im Gewerbemuseum ziehen lässt, den Beweis geliefert haben will, „dass die der Luftheizung gemachten Vorwürfe nicht unbegründet sind“. Mir bleibt vor der Hand noch die Wahl, anzunehmen, dass zur Zeit der Dr. R. Kaiser'schen Untersuchungen entweder der Heizapparat selbst oder der Heizbetrieb im Gewerbemuseum ein schlechter gewesen sei.

Ganz ähnliche Resultate hat vor Kurzem Dr. A. Vollert[1]) veröffentlicht. Er hatte die Luftheizung des Johanneums zu Hamburg als Gegenstand der Beobachtung gewählt und unter Anderem die Leitungsluft auf Kohlenoxyd untersucht, indem er die Luft, nach Absorption von Wasser und Kohlensäure, über glühendes Kupferoxyd leitete und die gefundene Kohlensäure auf Kohlenoxyd berechnete. Dr. A. Vollert vernachlässigt, wie H. Sainte-Claire Deville und Troost[2]), in seiner Rechnung vollständig die Kohlenwasserstoffe[3]), auf welche die Commission[4]) der Académie des Sciences bei Bearbeitung der Kohlenoxydfrage schon im Jahre 1868 Bedacht zu nehmen für gut gefunden hatte. In der Forderung, dass man die Kohlenwasserstoffe mit in Rechnung ziehe, bestärken mich Untersuchungen von Erismann, welche in Bd. XII S. 328 d. Z. f. Biol. veröffentlicht sind. Erismann fand bei Anwen-

---

1) Dr. Aug. Vollert, Ueber Luftwechsel und Beschaffenheit der Luft in den ventilirten Räumen des Johanneums. Hamburg 1878. S. 22.

2) Comptes rendus 1868 T. LXVI p. 83.

3) Diese von Dr. A. Vollert angewandte Methode zeigt nur an, dass in der Luft, nach Absorption von Kohlensäure und Wasser, noch flüchtige, Kohlenstoff und Wasserstoff enthaltende Substanzen vorhanden sind, überlässt es aber dem Gutdünken, wie man die durch glühendes Kupferoxyd neugebildeten Mengen von Kohlensäure und Wasser berechnen will. Würde z. B. der Wasserstoff des neugebildeten Wassers auf CH_4 bezogen, so nimmt dieses einen Theil des Kohlenstoffs der neugebildeten Kohlensäure in Anspruch und könnte erst der Rest auf vielleicht vorhandenes Kohlenoxyd gerechnet werden.

4) Comptes rendus 1869 T. LXVIII p. 1006.

dung des von Dr. A. Vollert benutzten Verfahrens in der gewöhnlichen Zimmerluft eines ungeheizten und nicht bewohnten Raumes schon Kohlenwasserstoffe, welche, zu Sumpfgas berechnet, 0,043 bis 0,059 pro mille CH_4 entsprechen; um wie viel mehr wird die Leitungsluft der Luftheizung im Johanneum mit Kohlenwasserstoffen geschwängert gewesen sein, da die Caloriferen nachweisbar schadhaft waren, wie S. 27 berichtet wird:

„Die ursprünglich völlig dichten Fugen hatten sich im Laufe des Winters in Folge der starken Hitze erweitert und gestatteten den Verbrennungsgasen einen gewissen Durchgang."

In der Heizluft war eine irgendwie in Betracht kommende Menge brenzlicher Stoffe durch Absorption mit absolutem Alkohol nicht nachweisbar. Ebenso zeigte sich der Kohlensäuregehalt der Luft nach dem Durchtritt durch die Heizkammer nicht vermehrt, ein Befund, welcher auch in den Angaben von Dr. R. Kaiser auffällt und sich mit der geringeren Diffusionsgeschwindigkeit der Kohlensäure allein wohl nicht wird erklären lassen, wie Dr. A. Vollert selbst zugiebt. Es muss dies um so mehr befremden, als nachgewiesenermassen keine Verbrennung ohne Kohlensäurebildung vor sich geht; wo sich eine Entwicklung oder Vermehrung von Kohlenoxydgas kund giebt, muss naturnothwendig auch das Entstehen von Kohlensäure oder eine Vermehrung derselben wahrnehmbar sein.

Im Uebrigen habe ich gegen das positive Resultat der von Dr. A. Vollert gemachten Kohlenoxydbestimmungen kein Bedenken, da schon die Entstehungsursache für einen Uebertritt von Kohlenoxyd aus den Caloriferen in die Leitungsluft spricht; den Versuchszahlen dagegen kann ich in Anbetracht der Unvollkommenheit des Verfahrens höchstens die Bedeutung relativer Werthe zuerkennen. Für die Unzuverlässigkeit der Zahlen spricht schon die von Dr. A. Vollert mitgetheilte Erfahrung, dass trotz der 10 pro mille Kohlenoxyd in der Zimmerluft „an den Schülern nicht die geringste Erscheinung zu Tage getreten war, welche irgendwie auf Kohlenoxyd-Intoxication hätte hindeuten können". Den Aufenthalt in einer Luft mit 10 pro mille Kohlenoxyd hätten Lehrer und Schüler wohl kaum ertragen.

Gegenüber diesen beiden Autoren, welchen der Nachweis von Kohlenoxyd gelungen ist, stehen Angaben von Dr. F. Gottschalk[1]) und Prof. Dr. Herm. W. Vogel[2]), welche vergeblich die Heizluft von Luftheizungen und Oefen auf Kohlenoxyd geprüft haben.

Dr. F. Gottschalk bediente sich einer säurefreien Lösung von Palladium-Natrium-Chlorür, nachdem er sich durch Vorversuche überzeugt hatte, dass in diesem Reagens schon nach Durchleitung einiger Liter Luft, welche nur 0,22 pro mille Kohlenoxyd enthält, eine charakteristische Reaction eintritt. Da die von Dr. F. Gottschalk gewählte Methode nicht frei ist von dem Einwande, dass auch Kohlenwasserstoffe die gleiche Reaction geben, so spricht das negative Resultat seiner Beobachtungen um so mehr zu Gunsten der von ihm untersuchten Heizanlagen einiger Leipziger Schulen.

Herm. W. Vogel wandte zur Untersuchung der Luft- und Ofenheizung in Berliner Schulen, welche er gemeinsam mit Sanitätsrath Reincke und Prof. A. Müller anstellte, seine Blutprobe an, ein Verfahren, in welchem er die spectroskopische Kohlenoxydblutprobe Hoppe-Seyler's für die Luftuntersuchung in einer dankenswerthen Weise nutzbar gemacht hat. Als Empfindlichkeitsgrenze dieses Reagens wurde von Herm. W. Vogel in der ersten Mittheilung[3]) 4,0 pro mille Kohlenoxyd, in der zweiten[4]) 2,5 pro mille angegeben. Es liesse sich nach Herm. W. Vogel die Empfindlichkeit durch Entfernung des Sauerstoffs aus der Luftprobe bis zu 1 pro mille Kohlenoxyd steigern, jedoch steht der Nutzen dieser Modification in keinem Verhältniss zu der damit verbundenen Umständlichkeit. Nach Hoppe-Seyler[5]) müsste diese Kohlenoxydprobe wesentlich empfindlicher werden, wenn man aus dem mit Wasser verdünnten Blute noch den Sauerstoff entferne; es liege die untere Grenztension des Kohlenoxyds, bis zu welcher dieses

1) Dr. F. Gottschalk, Ueber die Nachweisbarkeit des Kohlenoxyds etc. Leipzig 1877 bei Ambr. Barth.

2) Herm. W. Vogel, Berichte d. d. chem. Ges. 1878 Bd. XI Hft. 2 S. 235.

3) Bericht d. d. chem. Ges. 1877 Bd. X Hft. 8 S. 794.

4) Bericht d. d. chem. Ges. 1878 Bd. XI Hft. 2 S. 235.

5) Zeitschr. f. phys. Chemie Bd. I S. 133.

Gas in der Luft erkennbar wäre durch Hämoglobinlösung, viel tiefer (als Vogel's 4,0 pro mille), mindestens viel tiefer als die erkennbar schwächste Tension des Sauerstoffs, also unter 1,5^{mm} Hg Kohlenoxyddruck (oder 1,97 pro mille Kohlenoxyd).

Herm. W. Vogel's Blutprobe ist entschieden weniger empfindlich als das von Dr. F. Gottschalk angewandte Palladium-Natrium-Chlorür, und wird die geringere Empfindlichkeit wohl auch der einzige Einwand sein, welcher gegen dieses Verfahren geltend gemacht werden kann. Aber es lassen alle Methoden, wenn es sich um Bestimmung kleiner Mengen Kohlenoxyd handelt, viel zu wünschen übrig, wie ich mich selbst durch Untersuchungen überzeugt habe. Keine der bisher in der Kohlenoxydfrage zur Anwendung gekommenen Methoden ist im Stande, jenen überaus minimalen Kohlenoxydgehalt zu bestimmen, durch welchen die Luft eines mit glühendem gusseisernen Ofen geheizten Raumes nur verunreinigt sein kann. Diese Unzulänglichkeit der Verfahren führte zu dem von Coulier[1]) schon gerügten Fehler, dass man sich bei den Untersuchungen entweder mit dem schlichten Nachweis des Kohlenoxyds begnügte, welche mittelst Absorption aus grossen Volumina Zimmerluft zu sammeln war, oder dass man nur die Menge des Kohlenoxyds in der einem Leitungscanale oder Ofenmantel entströmenden Luft ermittelte, ohne die Verdünnung zu berücksichtigen, welche der Kohlenoxydgehalt durch die Mischung mit der Luft des zu heizenden Raumes oder durch Ventilationsvorgänge erfährt. Eine Combination der Bestimmung des Kohlenoxydgehaltes der Heizluft mit der Ermittlung des Ventilationseffects durch Anemometer und Kohlensäurebestimmungen würde zur Ergänzung solcher Beobachtungen wesentlich beigetragen und es ermöglicht haben, wenigstens indirect den Kohlenoxydgehalt der zu athmenden Luft des Raumes annähernd festzustellen.

---

1) Coulier, Recueil de mém. de méd. mil. 1868 sept.; Chem. Jahresbericht 1868 S. 973 und Journ. pharm. VIII 246.

In Bd. XII d. Z. f. Biol. S. 697 habe ich Coulier's Einwände näher besprochen. Zur Berichtigung übersehener Druckfehler ersuche ich im Texte Zeile 17 von oben und Zeile 2 von unten anstatt Kohlensäure- zu lesen Kohlenoxydgehalt.

Aber selbst mit der feinsten chemischen Analyse und mit unanfechtbaren Bestimmungen des Kohlenoxydgehaltes der Luft in Wohnräumen, welche mit glühenden gusseisernen Oefen geheizt sind, ist die hygienische Seite der Kohlenoxydfrage, die Gesundheitsschädlichkeit, noch nicht entschieden. Freilich hat man bisher, nach dem Vorgange Carret's und der Académie des Sciences, die mitunter gefundenen Spuren von Kohlenoxyd ohne Weiteres als etwas höchst Bedenkliches, als eine gesundheitsschädliche Verunreinigung der Luft hingestellt, jedoch bei dieser Schlussfolgerung das versäumt, was v. Pettenkofer seit Jahren als die Nothwendigkeit der quantitativen Auffassung hygienischer Fragen lehrt. In dem gleichen Sinne wie v. Pettenkofer haben in neuerer Zeit Alex. Müller[1]) und Herm. W. Vogel[2]) zur Frage Stellung genommen, und in zutreffender Weise bezeichnet Alex. Müller den fraglichen „Verdünnungsgrad, bei welchem das Kohlenoxyd vom Blute nicht mehr aufgesogen, bezüglich das aufgesogene durch reine Athemluft wieder ausgetrieben, gewissermassen ausgewaschen wird", als den „Angelpunkt, um welchen die Beurtheilung der Heizluft sich dreht".

Wenngleich die Hygiene der Versorgung mit gutem Trinkwasser, der Reinhaltung des Bodens und der Salubrität der Luft die höchste Bedeutung beimisst und der öffentlichen Gesundheitspflege dadurch wichtige Ziele steckt, hat man sich in der hygienischen Beurtheilung des Trinkwassers längst daran gewöhnt, eine Verunreinigung des Wassers bis zu gewissem Grade zu dulden; man hält es für sanitär zulässig, dass dem Boden noch so viel Unrath zufällt, als er zu verarbeiten im Stande ist, und begnügt sich in den hygienischen Anforderungen an die Luft bewohnter Räume mit einer Luft, welche von den Bewohnern mit Exhaltationsproducten bis zu 1 pro mille Kohlensäure und darüber verunreinigt ist. Nach meinem Dafürhalten steht man in hygienischer Beziehung den minimalen Spuren von Kohlenoxyd in der Zimmerluft nicht anders gegenüber als z. B. einer Verunreinigung der Luft mit

1) Alex. Müller, Luftheizung und Kohlenoxydvergiftung. Arch. d. Pharm. Bd. VIII Hft. 4, Sep.-Abdruck S. 4.

2) a. a. O. Bd. XI Hft. 2, S. 236.

Kohlensäure, welche nur dann schädlich wird, wenn ihre Anhäufung im Raume eine gewisse Höhe erreicht hat. Auch für das Kohlenoxyd giebt es eine Grenztension, unterhalb welcher die Einathmung kohlenoxydhaltiger Luft stattfinden kann, ohne die Gesundheit auch nur im Mindesten zu bedrohen; allerdings ist dieser kleinste Kohlenoxydgehalt, die Zulässigkeitsgrenze für Kohlenoxyd, viel tiefer zu suchen als der noch zulässige Kohlensäuregehalt der Luft[1]).

So befremdend auch diese Stellung zur Frage erscheinen mag, es steht die Erfahrung auf meiner Seite.

Dass der Tabaksrauch, den man tagtäglich ohne Bedenken einathmet, Kohlenoxyd enthält, ist eine längst bekannte Thatsache, auf welche Eulenberg und Vohl[2]) zuerst aufmerksam gemacht haben. Spätere Analysen von O. Krause[3]) ergaben im Cigarrendampf 9,4 bis 16,0% Kohlensäure und 8,7 bis 13,8% Kohlenoxyd. Diesen Zahlen kann ich nicht die Bedeutung absoluter Werthe beimessen (was O. Krause übrigens selbst nicht wünscht, weil das angewandte Kupferchlorür in Ammoniak auch manche Kohlenwasserstoffe absorbire), immerhin bestärken sie aber in der Annahme, dass der Tabaksqualm nicht etwa nur minimale Spuren von Kohlenoxyd enthält, sondern sogar zum Mindesten mehr als 2,5 pro mille; durch die Blutprobe lässt sich der Kohlenoxydgehalt des Tabaksqualms leicht nachweisen, wie die Untersuchungen Herm. W. Vogel's und meine eigenen Beobachtungen ergeben haben. Der Tabaksrauch ist somit im Vergleich zur Heizluft gusseiserner Heizapparate, in welchen weder Herm. W. Vogel noch ich mit der Blutprobe haben Kohlenoxyd nachweisen können, eine starke Kohlenoxydquelle, und trotzdem sind noch nirgends an Rauchern oder Nichtrauchern, welche in dichtem Tabaksqualm sich aufgehalten haben, zweifellose Erscheinungen einer Kohlenoxyd-Intoxication beobachtet worden.

---

1) v. Pettenkofer's Grenzwerth 1,0 pro mille Kohlensäure bezieht sich nicht auf die Kohlensäure selbst, von welcher ein Gehalt bis zu 7 pro mille gut ertragen zu werden scheint. Vergl. meine Abhandlung in Bd. XII d. Z. f. Biol. S. 611.

2) Arch. f. Pharm. (2) Bd. 147 S. 152 u. 153.

3) Dingler's polytechn. Journ. Bd. 213 S. 496.

Da über die Richtigkeit der Beobachtungen von H. Sainte-Claire Deville und Troost[1]) und der Pariser Commission[2]), dass die gusseisernen Heizapparate durch ihre glühenden Wandungen Kohlenoxyd diffundiren lassen oder auch Kohlenoxyd in der Heizluft durch Verkohlen des den Wandungen auflagernden organischen Staubes und sonstigen Unraths erzeugen können, kein Zweifel obwalten kann — ich werde später selbst mit eigenen Beobachtungen für diese Thatsache einstehen —, so müssen wir auch die Erfahrung über diese Kohlenoxydquelle fragen.

Dreizehn Jahre sind schon verflossen, seit Dr. Carret[3]) in Chambéry die Entdeckung einer neuen epidemisch und endemisch auftretenden Krankheit proclamirt hat, deren Quelle man in den gusseisernen Oefen und zwar deren Kohlenoxyd-Emanationen suchen müsse. Wo sind nun die Belege aus der ärztlichen Praxis für den später von Morin mit der ihm eigenen Energie vertretenen Satz Dr. Carret's, dass die Gesundheit von den gusseisernen Oefen mit ernstlichen Gefahren bedroht werde. Auch mancher deutsche Arzt ist in die Fusstapfen Carret's getreten, aber man hat nichtsdestoweniger in unserer Literatur[4]) kein überzeugendes casuistisches Argument zu Gunsten des gegen den eisernen Ofen gerichteten Kampfes niederlegen können. Ich darf sagen, dass Dr. Carret vereinzelt geblieben ist, und ist mir diese Erscheinung nach einer näheren Analyse der seine Lehre stützenden Beobachtungen nicht mehr auffällig.

Weder der kurze Akademiebericht[5]) über die durch Velpeau vermittelte Vorlage der Carret'schen Denkschrift noch ein Nachtrag Carret's[6]) geben über die physikalisch-diagnostischen Merkmale und über die Symptome der neuen Krankheit Auskunft, noch mehr vermisst man beim Durchlesen der daran geknüpften Debatte

---

1) Comptes rendus 1868 T. LXVI p. 83.

2) Comptes rendus 1869 T. LXVIII p. 1006.

3) Comptes rendus 1865 T. LX p. 793 und T. LXI p. 417.

4) Soweit eben Virchow-Hirsch's Jahresbericht und Schmidt's Jahrbücher dieselbe verzeichnet haben.

5) Comptes rendus 1865 T. LX p. 793.

6) Comptes rendus 1865 T. LXI p. 417.

die Frage, ob denn Carret's Diagnosen durch eine Untersuchung des Blutes genügend gestützt seien.

Nach einer pathologisch-anatomischen Grundlage scheint selbst in der Académie des Sciences kein Bedürfniss sich gezeigt zu haben. Die Debatte drehte sich um die Möglichkeit des Auftretens von Kohlenoxyd in der Heizluft, man berief eine Commission, um die chemische Seite der Frage zu entscheiden, für die hygienische hatte man kein Auge. Nur Michaud[1]) in Chambéry reichte durch Flourens eine Verwahrung gegen Carret's Denkschrift ein und begleitete dieselbe mit dem Protokoll einer Sitzung des Gesundheitsrathes zu Chambéry vom 4. December 1861, in welcher Carret zum ersten Male seine Ideen kund gegeben hatte. Später brachte Michaud eine zweite Entgegnung[2]) in Vorlage, nachdem im Jahre 1868 die bekannte erste Mittheilung Morin's und die Versuche von H. Sainte-Claire Deville und Troost der Akademie vorgetragen worden waren. Die Einsprache Michaud's ist von besonderem Interesse, da dieselbe die Meinung sämmtlicher Aerzte von Chambéry und Umgegend (von Savoie und Haute-Savoie) vertritt.

Es wird darin berichtet, dass schon in jener Gesundheitsrathssitzung die Unhaltbarkeit der Carret'schen Ideen von Prof. Reval nachgewiesen worden sei. Dr. Carret habe seine Theorie auf Grund einer im Monate Juni zu Jarsy beobachteten Epidemie aufgebaut, welche eine Typhusepidemie gewesen sei und schon in Anbetracht der Jahreszeit von den gusseisernen Oefen gar nicht habe herrühren können. Die im Gesundheitsrathe vorgetragenen Symptome seien daraufhin etwas modificirt worden. Dr. Carret habe daran festgehalten, dass die Heizung mit gusseisernen Oefen Elemente erzeuge, welche toxisch, putrid oder asphyktisch wirken können; so sei nach Carret's Meinung in Vimines die Gasentwicklung mit asphyktischer Wirkung aufgetreten, während sie in Jarsy eine toxische gewesen sei, das im Winter eingeathmete Kohlenoxyd habe eine schleichende Verschlechterung des Blutes erzeugt.

Auch die Endemie im Lyceum zu Chambéry, auf welche sich Carret der Akademie gegenüber hauptsächlich stütze, könne nur

1) Comptes rendus 1865 T. LX p. 966.
2) Comptes rendus 1868 T. LXVI p. 271.

Typhus gewesen sein, wie auch der officielle Bericht der DDr. Reval père und Jarrin ausführte. Dieser Typhusendemie im Lyceum seien sowohl in einem nahegelegenen anderen Institute, als auch in dessen Nachbarschaft Erkrankungen gefolgt. Man habe auch diese auf die eisernen Oefen zurückführen wollen, aber nach Aussage von acht Aerzten habe eine Typhusepidemie vorgelegen. Mehr als 60 junge Leute, einige Mädchen und Kinder waren ergriffen, fast die Hälfte habe Typhus gehabt, sechs seien erlegen, die Anderen hätten nur an dem gastrisch-biliösem Zustand gelitten, welcher dem Typhus oft vorangehe. Zum Schlusse stellt Michaud[1]) im Einverständnisse mit seinen Collegen folgende Sätze auf:

1) Que les épidémies dont il a été question au Conseil d'hygiène de Chambéry, et successivement à l'Institut, à l'Académie de Médecine et ailleurs, sont dues à toute autre cause qu'à l'usage des poêles en fonte;
2) Que l'épidémie de Jarsy et l'endémie du lycée de Chambéry n'étaient autre chose que la fièvre typhoïde;
3) Que les trois mille faits énoncés par l'auteur des Mémoires sur les épidémies d'hiver se rattachent à des maladies connues, et qu'ils ne peuvent servir de base à la découverte d'une nouvelle entité morbide.

Der Beweisführung Michaud's, so sehr sie auch gegen Carret spricht, fehlt vor Allem die pathologisch-anatomische Grundlage; überdies schädigt sie sich durch die Angabe, dass Reval, der frühere Professor der Physiologie, in der Debatte (1861) gegenüber Carret behauptet habe, das Kohlenoxydblut sei nicht kirschroth, sondern schwarz. Durch eine Beobachtung von E. Decaisne[2]), welche der Académie des Sciences ebenfalls mitgetheilt worden war, gewinnt Michaud's Entgegnung wesentlich an Bedeutung. Decaisne hatte im Jahre 1864 bei einer armen Familie in Martincourt (Oise) einige Erkrankungen beobachtet, deren Beschreibung nicht den geringsten Zweifel zulässt, dass es zwar Fälle im Sinne Carret's, in der That aber verkappte Typhusfälle waren:

Die fünf Personen zählende Familie bewohnte ein einziges, überdies schlecht gelüftetes Zimmer von 20 qm Fläche und 2,5 m Höhe, das durch einen gusseisernen Ofen mit Steinkohlen geheizt war. Der Ofen war fast stets in Rothgluth, der Luftwechsel spärlich. Seit acht Tagen hatte, ausser dem als Holzhauer beschäftigten älteren Sohne, Niemand das Zimmer verlassen. Vater und Mutter klagten seit einigen Tagen über Schwindel, Be-

---

1) Comptes rendus 1868 T. LXVI p. 273.
2) Comptes rendus 1868 T. LXVI p. 346.

täubung, starken Kopfschmerz. Die Frau hatte in der Nacht einiges Erbrechen, die zwei Kinder Uebelkeit, heissen Kopf und Ohrensausen, sie zeigten einen trüben Blick und grosse Schläfrigkeit. Bei Allen bestand grosse Abgeschlagenheit. Die Zunge war normal, der Appetit nur bei den Kindern erhalten, der Puls zeigte nichts Besonderes. Der ältere Sohn, welcher ausser dem Hause arbeitete, war wohl und munter geblieben.

Die Luft im Zimmer stank, die Hitze war unerträglich, Decaisne selbst verspürte bald Eingenommenheit des Kopfes, er öffnete Thür und Fenster, und nach etwa 18 Stunden waren bei einer passenden Behandlung bei den vier Personen alle Erscheinungen verschwunden, nur bei Vater und Mutter blieb während drei Tagen noch eine grosse nervöse Gereiztheit zurück.

Zehn Tage später wurde Decaisne davon benachrichtigt, dass Vater, Mutter und der kleine Junge an den gleichen Erscheinungen wieder erkrankt seien. Das Mädchen schien dieses Mal der Gefahr dadurch entronnen zu sein, dass es seit acht Tagen in einer Fabrik arbeitete. Decaisne meinte, dass man seine Anordnungen vernachlässigt habe, und griff zur früheren Behandlung, welche sich auch dieses Mal erfolgreich erwies. Aber zu seinem grossen Erstaunen entwickelten sich über den anderen Tag bei den drei Personen die deutlichsten Symptome von Typhoidfieber[1]: Schmerzen im Leibe, Diarrhöe, Meteorismus, beständiges Fieber, Appetitmangel, trockene Zunge, Frösteln, Husten, Abgeschlagenheit, Somnolenz, Sudamina bei der Mutter, Darmblutung bei dem Kinde mit Delirien während fünf Tagen. Alle hatten Nasenbluten, jedoch in keinem Verhältniss mit dem, was Decaisne bisher bei Typhoidfieber beobachtet hatte.

Die drei Patienten genasen. Die Krankheit dauerte im Mittel 30 Tage, die Reconvalescenz zog sich sehr in die Länge und noch zwei Monate später zeigten der Mann und die Frau grosse Mattigkeit.

Physikalisch-diagnostische Merkmale giebt der Bericht nicht an, auch lässt derselbe in Zweifel, ob Decaisne selbst das spätere Auftreten von Typhoid als Kohlenoxyd-Intoxication oder als Folge derselben auffasst, was sich mit den deutschen pathologisch-anatomischen Begriffen von Ileotyphus und Kohlenoxyd-Intoxication nicht gut zusammenreimen liesse.

Fälle dieser Art werden auch bei uns in der ärztlichen Praxis nicht gerade selten beobachet und, Dank einer guten Schulung in der physikalischen Diagnostik, als Ileotyphus erkannt. Es ist immerhin möglich, dass beim ersten Besuche Decaisne's eine Kohlenoxyd-Intoxication vorgelegen hatte, wenn auch der erste Befund und die weitere Entwicklung der Erkrankungen zu dieser Annahme nicht zwingen. Jedenfalls war in Folge des geringen

1) „je vis dès le surlendemain de dérouler les symptômes les mieux charactérisés de la fièvre typhoïde."

Luftwechsels und der Ueberheizung des Ofens in dem engen Wohnraume eine Luftverschlechterung eingetreten, welche auch ohne Kohlenoxyd üble Zufälle hat erzeugen können.

Nicht ohne Werth für die Beurtheilung der vorliegenden Frage ist auch die oben citirte Beobachtung von Dr. A. Vollert, dass, trotz des zweifellos in der Zimmerluft vorhandenen Kohlenoxyds, es zu keinerlei Intoxicationserscheinungen unter der Schuljugend gekommen sei.

Die Erfahrung stellt sich sonach nicht auf die Seite der Carret-Morin'schen Lehre, sondern spricht vielmehr dafür, dass dem menschlichen Organismus innerhalb gewisser, allerdings enger Grenzen eine Unempfindlichkeit gegen Kohlenoxyd zu Gebote steht. Aber selbst mit solchen schlagenden Thatsachen aus der ärztlichen und hygienischen Praxis, ist in dieser Richtung der Beweis noch nicht endgiltig geführt. Man wird einwenden, dass Schädlichkeiten wie Kohlenoxyd, wenn dieselben nur in Spuren zur Action kommen, vielleicht durch Ernährungsstörung und Herabsetzung der Widerstandsfähigkeit gegen Krankheiten aller Art, in schleichender Weise wirken, so dass man diese Folgen, welche anfangs leicht übersehen werden, einer anderen Ursache zuschreibt. Noch ist also die Frage der Gesundheitsschädlichkeit in diesen Schlupfwinkel zu verfolgen, in welchen auch Carret sich zurückgezogen hatte, als er seine Sommerepidemie aus der Wirkung glühender gusseiserner Oefen hat erklären sollen.

Ich habe schon die Erfahrung, welche man über das fortgesetzte Einathmen des Kohlenoxyd enthaltenden Tabaksqualms hat, bei Besprechung der Controverse zu Rath gezogen, ob das Einathmen minimaler Spuren von Kohlenoxyd eine acute Störung der Gesundheit zur Folge haben kann. Dieselbe ist auch im Stande, gegenüber dem letzten Einwurfe ein beredtes Zeugniss abzulegen. Freilich gab es eine Zeit, in der unter Jolly's Fahne mit vielen Federn gegen den Tabak zu Felde gezogen wurde, da man im Tabak die Ursache der Dementia paralytica und anderer Geisteskrankheiten gefunden zu haben glaubte und man in ihm die Quelle der Degeneration des Menschengeschlechtes und des socialen Elendes sah. Die Hygiene unserer Zeit hat der Finanzpolitik die Fortführung

dieses Kampfes überlassen, nicht etwa weil es Mode geworden ist, andere Gegenstände der Gesundheitsschädlichkeit auf der Tagesordnung zu halten, sondern weil man zur Einsicht gekommen, dass der Tabak, gerade wie die alkoholischen Getränke, bei mässigem Gebrauche nicht minder ein wohlthätiges Genussmittel ist, als er durch Missbrauch die Gesundheit schädigen kann. Dass Tabakssaft und Tabaksrauch unter Umständen eine unangenehme, ja toxische Wirkung — aber keineswegs die des Kohlenoxyds — äussern, wird wohl Niemand bestreiten; aber als eine ungerechte Verdächtigung des Vielen zum Bedürfnisse gewordenen Genussmittels müsste es erscheinen, wenn man behaupten wollte, dass die Raucher eine kürzere Lebensdauer haben oder sich weniger widerstandsfähig gegen Krankheiten zeigen als solche, welche ängstlich jede Berührung mit dem Tabak vermeiden. Wenn nun das Leben im Tabaksqualm, welcher entschieden mehr Kohlenoxyd enthält als die Heizluft gusseiserner Heizapparate, keinerlei acute oder chronische Störung der Gesundheit zur Folge hat, so ist in dieser Hinsicht noch weniger eine Bedrohung der Gesundheit durch die Heizluft zu befürchten. In der That hat man auch noch keine schleichende Schädigung der Gesundheit beobachtet, deren Entstehungsursache auf den Gebrauch gusseiserner Oefen hätte zurückgeführt werden können.

Diese der Praxis entnommenen Thatsachen stehen nicht in Widerspruch mit den experimentellen Erfahrungen, welche man über die Einwirkung des Kohlenoxyds auf das Blut hat.

Der kleinste Kohlenoxydgehalt der Luft, bei welchem schon eine Aufnahme von Kohlenoxyd ins Blut stattfindet, ist bei Ausschluss von Sauerstoff noch nicht ermittelt. Da aber, gegenüber der fraglichen Einwirkung des Kohlenoxydgehaltes von Tabaksqualm und Heizluft, für uns nur die Grenze der Wirksamkeit des Kohlenoxyds bei Gegenwart reichlicher Mengen von Sauerstoff, sowohl im Blute als in der einzuathmenden Luft, von Interesse ist, können schon die Versuche von Herm. W. Vogel, welche zwar mehr behufs Eichung des Verfahrens angestellt worden waren, Aufschluss geben, wenn man nicht etwa die Feinheit der spectroskopischen Blutuntersuchung noch als ungenügend für die Entscheidung der Frage erklären wollte.

Herm. W. Vogel konnte bei Abwesenheit von Sauerstoff noch 1 pro mille Kohlenoxyd nachweisen, dagegen bei Gegenwart von Sauerstoff erst 2,5 pro mille.

Die Kohlenoxydaufnahme ins Blut findet beim Intoxicationsvorgange unter Bedingungen statt, welche den in Vogel's Versuchen gegebenen vergleichbar sind. In den Fällen nun, wo es trotz fortgesetzten Einathmens kleiner Mengen von Kohlenoxyd nicht zur Intoxication kam, war die Kohlenoxydtension entweder an sich schon zu gering, oder hat der gleichzeitig eingeathmete Sauerstoff der Wirkung des Kohlenoxyds entgegengearbeitet. Der Sauerstoff erweist sich innerhalb gewisser Grenzen im Stande, nicht allein die Bildung von Kohlenoxydhämoglobin durch Massenwirkung zum Theil hintanzuhalten, sondern auch die kleinen Mengen von Kohlenoxydhämoglobin, welche trotzdem sich bilden, durch Oxydation des Kohlenoxyds zu Kohlensäure unschädlich zu machen.

Vogel's Kohlenoxydprobe zeigt in dieser ihr vom Sauerstoff der Luft gezogenen Empfindlichkeitsgrenze einen Berührungspunkt mit dem natürlichen Vorgange der Einwirkung des Kohlenoxyds auf das Blut des Menschen, durch welchen sie für die Hygiene eine hohe Bedeutung gewinnt.

Bisher hat man bei Beurtheilung eines analytischen Resultats in der Kohlenoxydfrage die Feststellung der untersten Grenztension vermisst, bei welcher erst die Einathmung von Kohlenoxyd hygienischerseits Bedenken erregt. Angesichts der vorhandenen Schwierigkeiten wird man noch lange diese Zulässigkeitsgrenze vermissen, wenn gewartet werden soll, bis dieselbe endlich in einer Zahl ausgedrückt werden kann in der Art, wie z. B. v. Pettenkofer im Kohlensäuregehalte die Grenzwerthe für die Beurtheilung der Luft bewohnter Räume gegeben hat.

Was sollte im Wege sein, das negative Resultat der Blutprobe als Kriterium für die Zulässigkeit der Heizluft gelten zu lassen, und zwar jede Zimmerluft für gesundheitsschädlich zu erklären, welche mit 100 ^{ccm} noch die Kohlenoxyd-Reaction in 3 ^{ccm} eines mit Wasser äusserst verdünnten Blutes [1]) giebt. Ich zweifle nicht, dass sich diese

1) Vergl. Vogel's Vorschrift a. a. O. 1. Mitthg. S. 793.

Zulässigkeitsgrenze, wenn sie auch noch das Gepräge menschlicher Unvollkommenheit an sich trägt, für die Praxis eben so gut bewähren wird als v. Pettenkofer's Kohlensäurezahlen, und glaube mich der Meinung Herm. W. Vogel's[1]) mit gutem Gewissen anschliessen zu können, welche er in folgenden Worten kund giebt:

„Wenn eine, eine sehr geringe Menge Kohlenoxyd enthaltende Zimmerluft nicht mehr im Stande ist, auf das im höchsten Grade verdünnte Blut, welches bei der Kohlenoxydprobe zur Anwendung kommt, zu reagiren, so ist diese Luft auch nicht im Stande, das viel concentrirtere Blut der menschlichen Lungen zu vergiften. Die grosse Menge Sauerstoff bildet hier das natürliche Gegengift, und halte ich die Gegenwart kleinerer Mengen Kohlenoxyd als 2,5 pro mille entschieden nicht für schädlich.“

Um ganz sicher zu sein, wird es gewiss genügen, zu verlangen, dass die Luft der Heizcanäle nur auf die Vogel'sche Probe reagiren darf.

Man wird dieser milden Behandlung der Kohlenoxydfrage entgegenhalten, dass doch die Commission der Académie des Sciences durch Versuche an Kaninchen gezeigt habe, wie selbst bei geringem Kohlenoxydgehalte der Zimmerluft nach langer Einathmung sich Kohlenoxyd im Blute nach und nach anhäufe, so dass in den vier Pariser Versuchen 100 ccm Blut zwischen 0,75 und 1,93 ccm Kohlenoxyd enthalten konnten.

Der Bericht Morin's sagt nur, dass die Blutgase unter Claude Bernard's Leitung bestimmt worden sind, lässt uns aber ganz und gar im Unklaren, ob auch von der angewandten Methode ein verlässiges Resultat zu erwarten war. Vergeblich habe ich mich in der französischen Literatur nach einem Bescheid in dieser Hinsicht umgesehen, so dass ich, trotz aller Verehrung Cl. Bernard's, das Versuchsresultat bis auf Weiteres in Zweifel ziehen muss. Angesichts der Unwahrscheinlichkeit des Befundes und in Folge der gegentheiligen Erfahrung aus der spectroskopischen Untersuchung des Blutes einer Maus, welche ich bei gleicher Versuchsanordnung der auf Zimmertemperatur abgekühlten Luft aus der Diffusionskammer meines rothglühenden Ofens ausgesetzt hatte, komme ich zur Vermuthung, dass man in Folge der Wahl eines ungeeigneten Verfahrens zum Nachweis von Kohlenoxyd im Blute der Kaninchen gekommen war; unter anderen Versuchsfehlern wäre es z. B. mög-

1) a. a. O. 2. Mitthg. S. 236.

lich, dass man der Kohlenoxydbestimmung die Ermittlung des Sauerstoffgehaltes mittelst Pyrogallussäure vorangeschickt hat, bei welcher nachgewiesenermassen Kohlenoxyd entsteht.

Zwar habe ich im vorstehenden Abschnitte das Resultat meiner eigenen Versuche zu gutem Theil schon eingeflochten, doch sei mir zur Vervollständigung des Berichtes gestattet, noch den Gang der Untersuchung in Kürze zu skizziren.

Der vorliegende Gegenstand beschäftigte mich mit einiger Unterbrechung von Herbst 1876 bis Frühjahr 1878. Ein grosser Theil von Zeit und Arbeit war ohne Erfolg auf Prüfung und Verbesserung vorhandener Methoden verwendet worden; es wäre ohne Werth, wenn ich hier die Misserfolge und Irrfahrten beschreiben wollte. Erst seit Juni 1877 war es mir durch die Publication Herm. W. Vogel's ermöglicht, die Bearbeitung der mir gestellten Fragen in Angriff zu nehmen, nachdem ich mich von der Verlässigkeit der Blutprobe überzeugt hatte.

Für das Verfahren fand ich a. a. O. S. 793 die Anleitung. Ich nehme zu 100^{ccm} Luft 3^{ccm} der sehr verdünnten Blutlösung und bespüle damit, ohne zu schütteln, während 2 Minuten die Wandung des Glaskölbchens, in welchem die Luftprobe unter Gummiverschluss genommen worden ist. Dem ruhigeren Bespülen der Wandung gebe ich den Vorzug, weil das Schütteln die Ausfällung der durch Kohlensäure fällbaren Eiweisskörper des mit Wasser verdünnten Blutes zu begünstigen scheint. Als Reductionsmittel wende ich das weinsaure Eisenoxydul-Ammoniak (alkalisch und in frischer Lösung) an und arbeite stets mit Zuhilfenahme einer Vergleichsprobe, indem ich von der Blutlösung eine zweite Probe, welche mit der fraglichen Luft nicht in Berührung war, unter gleichen Bedingungen mit dem Spectralapparate gleichzeitig untersuche. Zur Controle diente mir bei negativem Resultate der Versuche eine Probe mit Tabaksdampf.

Es ist auch mir nicht gelungen, in zweckdienlicher Weise die Empfindlichkeit der Probe durch Entfernung des Sauerstoffs aus der Luft zu steigern oder die Methode zur quantitativen Bestimmung resp. annähernden Schätzung des Kohlenoxydgehaltes nutzbar zu machen. Trotzdem gebe ich ihr den Vorzug vor allen anderen

Verfahren, weil die Reaction unzweideutig und empfindlich genug ist, um damit die Frage der sanitären Zulässigkeit einer Heiz- resp. Zimmerluft zu entscheiden; sie giebt mit einem kleinen Volum Luft in der kürzesten Zeit Aufschluss und empfiehlt sich dadurch auch für praktische Zwecke.

Nachdem ich mich für dieses Verfahren entschieden hatte, wollte ich zunächst mich überzeugen, ob ein glühender gusseiserner Ofen durch seine Wandung wirklich Kohlenoxyd diffundiren lasse.

Da die bisher publicirten Beobachtungen darüber einen Zweifel obwalten lassen, ob bei dem angewandten Heizapparate Kohlenoxyd nicht etwa durch die Ritzen der Verschlüsse oder die Fugen der Verbindungsstücke aus dem Feuerungscanale nach aussen habe entweichen können, liess das hygienische Institut vom Eisenwerke Kaiserslautern eigens einen Füllofen (sog. Schachtofen) giessen, in der Art, dass ihm seitlich an einer leicht ins Glühen gerathenden Stelle des Feuerungskastens eine kleine Kammer aus Eisenguss mit einer Fläche von 1^{qdm} aufsitzt, welche durch einen Tubulus von 2^{cm} Durchmesser nach aussen mündet. Die Luftprobe wurde durch einen Aspirator der seitlichen Kammer entnommen, indem durch den Tubulus das eine Ende einer langen Messingröhre von Gänsefederkieldicke eingeführt war, welche während des Versuchs behufs Abkühlung der Luft, aufgerollt zu Schlangenform, durch ein mit Schnee, Eis oder einer Kältemischung gefülltes Gefäss gelegt wurde. In mehreren Versuchsreihen war das Rohr direct mit dem Kölbchen zur Aufnahme der Luftprobe und dem Aspirator verbunden, in anderen war zur Absorption der Kohlensäure frisch gelöschtes Kalkhydrat eingeschaltet. Zur Entnahme von Luftproben aus dem Feuerungscanale ist in die Ofenwand oberhalb der Diffusionskammer ein verschliessbares Loch gebohrt.

Zahlreiche spectroskopische Proben der Kammerluft vom rothglühenden Ofen ergaben stets negatives Resultat, während in den Controlversuchen mit Tabaksdampf, welche unter gleichen Umständen angestellt worden waren, Kohlenoxyd gefunden wurde. Auch hat von vielen Versuchen, in welchen die Luft von einer Stelle neben der Kammer, direct von der rothglühenden Wand des Ofens (nach der Art wie Herm. W. Vogel die Luftproben nimmt) entnommen

worden war, kein einziger zum Nachweis von Kohlenoxyd geführt. In den Heizgasen selbst, welche aus dem Feuerungscanale etwas oberhalb der aussen aufsitzenden Diffusionskammer gesogen worden waren, fand ich Kohlenoxyd, oft in scheinbar reichlicher Menge, wenn beim Versuche für die Reinigung von Russ durch eine Asbestvorlage und für die Entfernung der Kohlensäure mittelst Aetzkalk Vorsorge getroffen war.

Gegenüber diesem Misserfolg im Nachweis des diffundirten Kohlenoxyds begann ich, veranlasst durch einen freundlichen Rath des Herrn Prof. C. v. Voit, im Verhältnisse des Kohlensäuregehaltes, ausserhalb und innerhalb der Diffusionskammer und im Feuerungskanale selbst, über den fraglichen Diffusionsvorgang Aufschluss zu suchen. In diesen Versuchen fand ich bei rothglühendem Ofen folgenden Kohlensäuregehalt pro mille:

Versuchstag	1.	1.	2.	3.	6.
Ausserhalb der Kammer	0,9	0,5	0,5	—	1,1
Innerhalb der Kammer .	25,4	24,5	16,8	9,2	7,2
Im Feuerungscanale . .	—	—	—	159,7	160,8

Bei nicht glühendem Ofen wurde das Verhältniss ein anderes, wie folgende Versuche zeigen:

Versuchstag	2.	4.	5.
Ausserhalb der Kammer	0,5 °/₀₀	—	0,7 °/₀₀
Innerhalb der Kammer . . .	1,1	1,2 °/₀₀	2,9
Im Feuerungscanale	—	153,4	—

Die auffallende Abnahme des Kohlensäuregehaltes in der Kammer bei unveränderter Kohlensäureproduction im Feuerungscanale legte mir die Vermuthung nahe, dass nicht der Diffusionsvorgang allein die Kohlensäurequelle sei, sondern dass ein im Ablaufen begriffener Process in der Kammer selbst an der Kohlen-

säureproduction wesentlich mitwirke. In der That fand ich in der Kammer einige Asche, und sank nach gründlichem Ausblasen und Auswaschen der Kammer der Kohlensäuregehalt bei glühendem Ofen; aber im Vergleich zu Aussen war derselbe immerhin noch vermehrt geblieben.

Versuchstag	7.	8.
Ausserhalb der Kammer	—	0,7 ‰
Innerhalb der Kammer	2,4 ‰	3,4

Die so in der Kammer nachgewiesene Steigerung des Kohlensäuregehaltes der Luft lässt sich auf eine Diffusion durch das glühende Gusseisen beziehen; bei nicht glühendem Ofen hatte ich am 7. Versuchstage 0,8 pro mille Kohlensäure in der Diffusionskammer gefunden.

Es wurden von mir auch Versuche an Porcellanöfen angestellt. Die Blutprobe konnte ebenfalls den Austritt von Kohlenoxyd nicht nachweisen. Einige Kohlensäurebestimmungen in den Durchsichten (aus Eisenblech) eines Porcellanofens, an welchen eine Stelle durchgebrannt und undicht war, ergab folgende Versuchszahlen:

Versuch Nr.	1.	2.	3.
Aus der oberen Durchsicht (dicht)	0,9 ‰	0,6 ‰	0,5 ‰
Aus d. unteren Durchsicht (undicht)	—	0,5	—
Von der undichten Stelle . . .	14,8 (1 cm tief)	2,4 (oberflächlich)	1,1 (oberflächl.) 2,0 (1 cm tief)

(Die Versuche 2 und 3 wurden acht Tage später als 1 gemacht, bei 1 und 2 war die eiserne Durchsicht glühend.)

Zur vollen Ueberzeugung von der Richtigkeit der Angaben von H. Sainte-Claire Deville und Troost kam ich erst durch Beobachtungen an zwei gusseisernen Röhren[1]).

1) Die Röhren waren nach Wandstärke und Lichtweite verschieden. Die Wandstärken betrugen 0,35 und 0,65 cm, die inneren Durchmesser 5,0 und 2,5 cm.

Diese Röhren hatten $1\frac{1}{2}^{m}$ Länge und waren so durch einen Windofen gesteckt, dass ihre Mitte zur Rothgluth erhitzt werden konnte, ohne dass die Enden besonders heiss wurden. In letzteren waren je eine Glasröhre mit Cement eingekittet, von welchen die eine ins Freie führte und die andere die Verbindung zum Untersuchungsapparat herstellte. Auf diese Weise konnte Luft aus der Röhre entnommen werden, während nur Luft aus dem Freien als Ersatz einströmte. Die Aspiration geschah mittelst einer Quecksilberpumpe; die Kohlensäure wurde anfangs mit Aetzkalk absorbirt, später unterblieb ihre Beseitigung.

Kohlenoxyd war in allen Proben sowohl mit Hilfe des Spectralapparats, als auch mit dem blossen Auge zu sehen. Um des Resultates ganz sicher zu sein, liess ich die Röhren auf einer Feldschmiede gut ausglühen und setzte den Versuch mit einer jeden derselben fort. Der Kohlenoxydnachweis war am dritten Tage nicht weniger deutlich, als in der ersten Stunde, wenn auch der Kohlensäuregehalt in der darauf untersuchten Röhre von 72,7 auf 50,4 pro mille gesunken war.

Nachdem sich die Blutprobe so zum Nachweis der Permeabilität des glühenden Gusseisens brauchbar erwiesen hatte, bedarf der Misserfolg am glühenden Ofen noch einer Aufklärung. Mir scheint eine Deutung nach zwei Richtungen möglich zu sein. Erstens mag das Kohlenoxyd, welches in die seitliche Kammer mit aller Wahrscheinlichkeit diffundirt ist, in Folge des durch den Tubulus stattgefundenen natürlichen Luftwechsels vermindert worden sein, zweitens wird die Diffusionsgrösse beim Ofen dadurch wesentlich geringer ausfallen müssen, dass den Feuerungsgasen zum Abzug ein bequemerer Weg durch den Schornstein vorgeschrieben ist.

Beim Nachweis des Kohlenoxyds im Tabaksrauch habe ich mit gutem Erfolg häufig Aetzkalk eingeschaltet; es ist mir aber nie gelungen, in einem mit Tabaksqualm erfüllten Zimmer noch das Kohlenoxyd nachzuweisen. Ebenso gelang mir in Zimmern, in welchen mit Kohlenbügeleisen gearbeitet wurde, zwar der Nachweis von Kohlenoxyd noch in 35^{cm} Entfernung vom Bügeleisen, aber nicht mehr sonst irgendwo in der Zimmerluft.

Ueber die Eiweisszersetzung bei Phosphorvergiftung.

Von

Jos. Bauer.

Der Gedanke, dass bei fettiger Degeneration der Organe das Fett aus eiweissartiger Substanz hervorgehen müsse, ist schon von verschiedenen Beobachtern, namentlich von Rokitansky[1]) und Virchow[2]), ausgesprochen worden. Es wurde auch an der Hand verschiedener Experimente und Erfahrungen ein Entscheid der Frage angestrebt, ob eine Umwandlung von Eiweiss zu Fett in und ausserhalb des Körpers wirklich stattfinde oder nicht. Allein erst durch die Untersuchungen von Pettenkofer und Voit hat man die Fettbildung aus Eiweiss unter Abspaltung eines stickstoffhaltigen Zersetzungsproductes als einen normalen Vorgang, ja wahrscheinlich als den einzig möglichen Modus der Entstehung von Fett im Thierkörper kennen gelernt[3]).

Diese Erfahrungen über normale Fettbildung liessen sich direct auf die Vorgänge bei der fettigen Entartung übertragen; doch blieb es immerhin von Interesse, experimentell zu prüfen, ob und in welchem Maasse der pathologische Zerfall der Organe in einer abnormen Vermehrung der Stickstoffausscheidung im Harn zum Ausdruck gelange. Auch bietet das verschiedene Verhalten von circulirendem und Organeiweiss bei der Zersetzung die Möglichkeit, in einem gegebenen Falle durch Controle der Stickstoffausscheidung

1) Handbuch der allgem. patholog. Anatomie. Wien 1846. S. 287.

2) Zur Entwicklungsgeschichte des Krebses nebst Bemerkungen über Fettbildung im thierischen Körper und pathologische Resorption. Archiv für pathologische Anatomie 1847 Bd. I S. 94.

3) C. Voit, Ueber Fettbildung im Thierkörper. Diese Zeitschr. Bd. V S. 79.

im Harn zu entscheiden, ob es sich nur um eine Anhäufung von nicht zerstörtem Fett in den Zellen oder um eine Umwandlung der eiweissartigen Bestandtheile der Zellen zu Fett, d. h. um eine wirkliche Degeneration handle.

Von diesen Gesichtspunkten aus untersuchte ich im Jahre 1870 den Stoffumsatz bei Phosphorvergiftung und kam hierbei zu dem Resultate, dass durch die Einwirkung dieses Giftes die Eiweisszersetzung viel grössere Dimensionen annimmt als normal, während gleichzeitig eine Verminderung der Fettzersetzung und der Sauerstoffaufnahme eintritt. Ich zog hieraus den Schluss, dass die seit Hauff bekannte Verfettung der Organe in Folge von Phosphorvergiftung auf einen gesteigerten Zerfall der Eiweisskörper zurückzuführen sei, wobei sich, wie bei normaler Eiweisszersetzung, Fett abspalte, welches unverbrannt im Körper liegen bleibe, während die stickstoffhaltigen Zersetzungsproducte mit dem Harn entleert werden [1]).

Weitere Untersuchungen lieferten sodann den Beweis, dass unter allen Umständen, bei welchen eine acute Fettdegeneration zu Stande kommt, ein gesteigerter Spaltungsprocess der Eiweisskörper in den Organen nachweisbar ist. Auch die parenchymatösen Degenerationen, wie sie bei fieberhaften Processen zu Stande kommen, müssen nach Analogie der Phosphorvergiftung mit der febrilen Harnstoffvermehrung in Zusammenhang gebracht werden [2]).

Zu dem Resultate, dass der Phosphor eine Vermehrung der Harnstoffausscheidung bewirke, war O. Storch, der unter Panum's Leitung arbeitete, schon im Jahre 1865 gelangt [3]). Den Ausgangs-

1) Diese Zeitschrift Bd. VII S. 73.

2) Vergl. Liebermeister, Handbuch der Pathologie und Therapie des Fiebers S. 320.

3) O. Storch, den acute Phosphorvergiftning etc. Das Original ist in dänischer Sprache abgefasst und mir in Folge dessen unzugänglich. Meine Angaben beziehen sich daher auf das Referat von Jürgensen (deutsch. Arch. f. klin. Medic. Bd. II), was anzugeben in meiner früheren Mittheilung übersehen wurde. Dass übrigens in dem Referate von Jürgensen das Wesentliche der Storch'schen Arbeit enthalten ist, hat vor Kurzem F. A. Falck gezeigt, indem er einen Theil des Originals in deutscher Uebersetzung abdrucken liess. (Arch. f. exp. Pathologie und Pharmakologie Bd. VII S. 377.)

punkt für die betreffende Untersuchung bildete jedoch nicht die in Folge von Phosphorvergiftung auftretende Verfettung der Organe, vielmehr die Frage, ob der Phosphor als solcher oder im oxydirten Zustande seine Wirkungen im Körper entfalte. In Bezug auf die parenchymatöse Degeneration in den Muskeln und drüsigen Organen hat Storch nur vermuthungsweise angedeutet, es scheine ein bestimmter Zusammenhang zwischen dieser und der beobachteten Harnstoffvermehrung zu bestehen[1]).

Storch hatte bei seiner Untersuchung zur Bestimmung des Harnstoffs die Liebig'sche Titrirmethode benutzt, ein Verfahren, welches zur Ermittlung der Stickstoffausscheidung im Harn für viele Fälle hinlänglich genaue Resultate ergiebt, gerade aber zur Feststellung des Eiweissumsatzes bei Phosphorvergiftung nach den Angaben von Schultzen und Riess als unzulässig erscheinen musste[2]). Da diese beiden Beobachter zu dem Schlusse gekommen waren, dass bei höheren Graden von Vergiftung mit Phosphor an Stelle des Harnstoffs andere stickstoffhaltige Zersetzungsproducte: sogenannte extractive Materien und peptonartige Substanzen, auftreten, so konnte unter dieser Voraussetzung der Eiweissumsatz nur durch directe Bestimmung des Stickstoffs ermittelt werden. Die Versuchsresultate von Storch waren daher einer nochmaligen Controle zu unterziehen und zwar mit Hilfe einer Methode, welche auch dann richtige Werthe ergiebt, wenn in der That an Stelle des Harnstoffs andere Zerfallsproducte der Eiweisskörper in grösserer Menge entleert werden[3]).

1) Dagegen erklärten Huppert und Riesell die von Storch gefundene Vermehrung der Zersetzung von Organeiweiss bereits in dem Sinne, dass sich hierbei Fett abspalte und unverbrannt in den Organen liegen bleibe. Arch. der Heilkunde 1869 Bd. X S. 334.

2) Annalen des Charité-Krankenhauses etc. Bd. XV.

3) Ich habe in meiner früheren Arbeit die Wiederholung der Storch'schen Versuche hauptsächlich durch den Hinweis auf die Angaben von Schultzen und Riess, welche damals von Niemandem angefochten waren, motivirt. Selbstverständlich war mir bei Beginn meiner Untersuchung unbekannt, dass die directe Bestimmung des N und die Titrirung des $\overset{+}{U}$ im Harn des phosphorvergifteten Hundes übereinstimmende Werthe ergeben würde. Ich habe daher den eben erwähnten Einwand gegen die Storch'schen Versuchsresultate aus-

Bei meinem Versuche hatte die directe Bestimmung des Stickstoffs und die Titrirung des Harnstoffs nahezu übereinstimmende Werthe ergeben, so dass ich die von Storch gefundene Vermehrung der Stickstoffausscheidung im Harn auf Grund einwandfreier Bestimmungen bestätigen konnte.

Der Einfluss des Phosphors auf die Eiweisszersetzung wurde von Storch und mir an Hunden im Hungerzustande untersucht, da eine gleichmässige Nahrungszufuhr nach Einverleibung des Giftes unmöglich ist. Das Gift wurde dann beigebracht, wenn in der täglichen Harnstoffausscheidung jene Constanz eingetreten war, welche sich beim Hungern nach Verbrauch des Vorrathseiweisses einstellt, sobald der Körper auf Kosten seiner Organe lebt. Diese Constante in der Harnstoffausscheidung war bei meinem Versuchsthiere am 5. Hungertage erreicht; allein die erste Phosphordosis wurde demselben erst am 13. Hungertage beigebracht, um den Fettvorrath des Thieres vor der Einwirkung des Phosphors zu reduciren. War nämlich das Thier beim Eintritte der Vergiftung fettarm, so wurde die Annahme sehr unwahrscheinlich, dass der bedeutende Fettreichthum der Organe nach dem Tode — am 20. Hungertage — von dem Fettvorrathe des Körpers herrühre.

Meine Beweisführung zu Gunsten der Auffassung, dass in Folge von Phosphorvergiftung in der That ein fettiger Zerfall der eiweissartigen Zellenbestandtheile stattfinde, stützte sich somit auf die bedeutende Steigerung des Eiweissumsatzes, auf die Verminderung der Fettzersetzung und der Sauerstoffaufnahme und endlich auf den Sectionsbefund bei dem nach 19tägigem Hunger verendeten

---

gesprochen und diesen nachträglich durch das Ergebniss meines eigenen Versuches beseitigt. Es ist wirklich unmöglich, ein sachliches Motiv aufzufinden, wie eine derartige vielfach geübte Darlegung einer Frage zu Ausfällen Veranlassung geben kann, wie sie F. A. Falck dagegen gerichtet hat (Arch. f. exp. Path. etc. Bd. VII S. 390). Uebrigens beweist eine Mittheilung von A. Fraenkel (Berl. klin. Wochenschr. 1878 Nr. 19), wie sehr mein Einwand berechtigt war. Derselbe fand bei einem Falle von Phosphorvergiftung in 1187 ccm Harn nach titrirtem Harnstoff berechnet: 20,7 g N, nach der directen Bestimmung: 23,76 g N, während die Harnstoffbestimmung nach Bunsen's Methode 22,3 g $\overset{+}{\text{U}}$ = 10,42 g N ergab; 13,34 g N wurden in Form von Amidosäuren mit dem Harn entleert.

Thiere. Es fand sich nämlich das Fett im Unterhautzellgewebe etc. fast vollständig verschwunden, während sich in den Organen eine grosse Menge von Fett angehäuft hatte[1]).

Vor Kurzem hat nun F. A. Falck gegen alle Versuche, bei welchen an hungernden Thieren der Einfluss toxischer Substanzen auf den Eiweissumsatz untersucht wurde, den Einwand erhoben, dass eine hierbei beobachtete Vermehrung der Stickstoffausscheidung im Harn Folge des Hungerzustandes und nicht der Giftwirkung sei[2]). F. A. Falck stützt sich hierbei auf das Resultat seiner Versuche an hungernden und durstenden Hunden, welche er im Jahre 1874 angestellt hatte[3]). Eines seiner Versuchsthiere nämlich, eine bei Beginn der Untersuchung gut genährte Hündin, deren Alter auf 1 Jahr geschätzt wurde, zeigte vom 8. Hungertage an eine allmählich ansteigende, erhebliche Zunahme der täglichen Harnstoffausscheidung, welche erst am 22. Hungertage kurz vor dem Tode einem raschen Absinken Platz machte. Bei einem anderen, ebenfalls einjährigen Versuchshunde, der am 10. Beobachtungstage getödtet wurde, zeigte sich die Harnstoffvermehrung schon am 6. Hungertage. Hingegen konnte F. A. Falck bei einem älteren und sehr fettreichen Hunde, welcher erst am 61. Tage dem Hunger erlag, zu keiner Zeit der Hungerperiode eine Steigerung in der Harnstoffausscheidung wahrnehmen.

Diese Versuche von F. A. Falck enthalten eine Bestätigung der von Voit bereits im Jahre 1866 mitgetheilten Thatsache, dass bei hungernden, namentlich fleischreichen Thieren mehr eiweissartige

---

1) Seit längerer Zeit damit beschäftigt, den Wasser- und Fettgehalt der Organe unter verschiedenen Umständen zu bestimmen, werde ich später Gelegenheit nehmen, eine Mittheilung von M. Perls: Zur Unterscheidung zwischen Fettinfiltration und Fettdegeneration (Centralblatt 1873 Nr. 51) zu berücksichtigen.

2) F. A. Falck, Der inanitielle Stoffwechsel und seine Bedeutung für Pharmakologie und Toxikologie. Arch. für exper. Pathologie und Pharmakologie Bd. VII.

3) F. A. Falck, Welches Gesetz beherrscht die Harnstoffausscheidung des auf absolute Carenz gesetzten Hundes? Phys.-chem. Stud. Marburg 1874. — Physiolog. Stud. über die Ausleerung des auf absolute Carenz gesetzten Hundes. In Falck, C. Ph. und F. A. Beiträge zur Physiologie, Hygiene, Pharmakologie und Toxikologie Bd. I. Stuttgart 1875.

Substanz zerstört wird, sobald ihr Fettvorrath aufgebraucht ist[1]). F. A. Falck reproducirt auch die von Voit gegebene Erklärung wörtlich, nämlich dass der Fettmangel es sei, welcher die Steigerung des Eiweissumsatzes bedinge, aber in einer Weise, so dass er dieselbe für sich in Anspruch zu nehmen scheint. F. A. Falck vergisst ferner zu erwähnen, dass F. Hofmann, auf neue, zum Theil bis zum Tode der Thiere fortgesetzte Hungerversuche gestützt, die Eiweisszersetzung bei Inanition einer ausführlichen Erörterung unterzog. Hofmann besprach den Einfluss des Eiweissvorrathes und der aufgespeicherten Fettmenge auf den Eiweissumsatz beim Hungern; derselbe benutzte ferner die Steigerung der vorher gleichmässigen Harnstoffausscheidung geradezu als Maassstab zur Bestimmung des Zeitpunktes, wann der Fettvorrath des Körpers aufgebraucht sei; denn die Zeitdauer des Hungers biete keinen entscheidenden Anhaltspunkt hierfür[2]).

Hätte F. A. Falck von den Arbeiten von Voit und Hofmann die gebührende Notiz genommen, anstatt fast nur von sachlich gleichgültigen Versuchsfehlern zu reden, so würden seine eigenen Leistungen auf dem fraglichen Gebiete allerdings in einem bescheidenen, aber auch in einem wahren Lichte erscheinen. F. A. Falck hat nämlich die durch Voit constatirte und hinlänglich erklärte Erscheinung einer Vermehrung der Harnstoffausscheidung während des Hungerns frühzeitiger und in bedeutenderem Maassstabe bei jüngeren fettarmen Thieren auftreten sehen, als dies bei älteren

---

1) C. Voit, Ueber die Verschiedenheiten der Eiweisszersetzung beim Hungern. Diese Zeitschr. Bd. II S. 327.

2) F. Hofmann, Der Uebergang von Nahrungsfett in die Zellen des Thierkörpers. Diese Zeitschr. 1872 Bd. VIII. — Ueber diese Arbeit von Hofmann geht F. A. Falck mit folgenden Worten hinweg: „Hofmann stellte, um den Uebergang von Nahrungsfett in den Thierkörper festzustellen, propädeutische Untersuchungen über den Fettgehalt hungernder Hunde an. Seine Angaben über diese Versuche sind sehr zurückhaltend. Ein sehr fetter Hund hatte nach 28 Tagen 25,7 % seines Gewichtes verloren. Der Leiche desselben konnten noch bedeutende Mengen Fett entnommen werden. Ein zweiter kräftiger Hund wurde nach einem Verlust von 31,75 % am 22. Tage getödtet. Er war in hohem Grade abgemagert und frei von Fett."

Individuen der Fall zu sein pflegt. Hingegen beweist F. A. Falck durch seinen eigenen Versuch an einem älteren Thiere zur Genüge, dass man die Constanz der Harnstoffausscheidung während des Hungerns zur Feststellung des Einflusses toxischer Substanzen auf den Eiweissumsatz benutzen kann, ohne dabei Gefahr zu laufen, dass sich alsbald eine bedeutende Vermehrung der Harnstoffausscheidung in Folge eingetretenen Fettmangels einstellen werde.

Gegen meine Untersuchung über den Eiweissumsatz bei Phosphorvergiftung hat F. A. Falck seine Angriffe speciell gerichtet, indem er, abgesehen von verschiedenen bedeutungslosen Bemerkungen über angebliche Versuchsfehler, die Behauptung aufstellt, als hätte ich meine ganze Schlussfolgerung in Betreff der fettigen Degeneration der Organe nach Phosphorvergiftung auf die Annahme gegründet, dass mein Versuchsthier zur Zeit der Vergiftung vollkommen fettfrei gewesen sei. Es sei durch Nichts erwiesen, sagt F. A. Falck, dass mein Versuchshund am 13. Hungertage wirklich seinen Fettvorrath aufgebraucht hatte; folglich sei meine ganze Schlussfolgerung hinfällig, da dieselbe auf einer willkürlichen Annahme fusse. Oder das Thier sei am 13. Hungertage wirklich fettfrei gewesen, und dann bedeute die von mir constatirte Vermehrung der Harnstoffausscheidung die Wirkung des eingetretenen Fettmangels, nicht aber des Phosphors auf den Gang der Eiweisszersetzung.

Diese scheinbar zwingende Alternative enthält jedoch schon in sich einen Widerspruch. Offenbar muss nämlich F. A. Falck annehmen, dass mein Versuchsthier zu der Zeit, als bei demselben eine Steigerung des Eiweissumsatzes beobachtet wurde, was bis zum Tode desselben der Fall war, in der That nahezu fettfrei gewesen sei; denn nach ihm erklärt sich ja die Harnstoffvermehrung aus dem eingetretenen Fettmangel. Nun dreht sich aber meine, von F. A. Falck eben angefochtene Erklärung geradezu um die grosse Menge von Fett, welche sich in den Organen des verendeten Thieres vorfand; von Fettmangel kann also keine Rede sein.

Es ist aber eine unrichtige Behauptung von F. A. Falck, dass meine ganze Schlussfolgerung in Betreff der fettigen Degeneration der Organe nach Phosphorvergiftung auf der willkürlichen

Annahme fusse, mein Versuchsthier sei zur Zeit der Vergiftung vollkommen fettfrei gewesen. Wenn durch Phosphor die Eiweisszersetzung gesteigert, die Fettzersetzung aber vermindert wird, so sind meine Schlussfolgerungen vollständig gestützt, gleichgiltig ob das Versuchsthier fettlos oder fettreich ist. Uebrigens hat wohl Niemand meine früheren Worte in einem derartigen Sinne gedeutet wie F. A. Falck. Wenn ein Thier nach 19tägigem Hunger zu Grunde geht und man findet das Fett im Unterhautzellgewebe, im Mesenterium u. s. w. fast vollständig aufgezehrt, in den Organen hingegen abnorm grosse Mengen von Fett angehäuft, so ist dies gewiss auffallend. Es liegt der Schluss nahe, dass durch den Hunger der Fettvorrath grossentheils aufgezehrt worden sei und dass ohne die Einwirkung des angewendeten Giftes auch die übrigen Organe fettarm betroffen worden wären.

Fast möchte es überflüssig erscheinen, noch länger bei den Einwänden von F. A. Falck zu verweilen; allein derselbe theilt auch von ihm angestellte Versuche mit, bei welchen er zu einem abweichenden Resultate gelangte. F. A. Falck hat bei diesen Versuchen den Thieren Phosphoröl subcutan injicirt und spricht dabei seine Verwunderung aus, dass noch keiner der Experimentatoren an diese Applicationsweise gedacht habe. Es ist ihm dabei wiederum entgangen, dass ich bei meiner Untersuchung über den Gasaustausch bei Phosphorvergiftung dem betreffenden Versuchsthiere Phosphor in Oel gelöst subcutan eingespritzt habe.

F. A. Falck hat seine Versuche an hungernden Hunden und zwar während des ersten Inanitionstages in der Weise angestellt, dass er denselben Giftmengen einverleibte, welche in 24 Stunden den Tod bewirkten; der Harn wurde stündlich mit dem Katheter entzogen. Ausser dem Nierensecrete wurde auch die stündliche Gewichtsabnahme sowie die Menge des Erbrochenen und der Darmentleerungen in Rechnung gebracht. In den entzogenen Harnmengen wurde bei einem Versuche der Harnstoff, bei zwei weiteren Versuchen aber nur die Phosphorsäure bestimmt. Es ergab sich hierbei das Resultat, dass die Harnstoffausscheidung, eine kurzdauernde Vermehrung abgerechnet, alsbald bedeutend absank; hingegen wurde eine bedeutende Steigerung der Phosphorsäureaus-

scheidung beobachtet. Bei allen drei Versuchen nahm die Menge des Harns während der Vergiftungsperiode zu.

Da F. A. Falck unentschieden lässt, ob die Vermehrung der Phosphorsäureausscheidung bei seinen beiden letzten Versuchen durch gesteigerten Zerfall der Proteïnstoffe oder durch Oxydation des injicirten Phosphors bedingt wurde, so steht nur das Resultat seines ersten Versuches mit meiner Untersuchung scheinbar im Widerspruche. Ich gestehe jedoch, dass ich bei einer Versuchsanordnung, wie sie F. A. Falck eingerichtet hat, das gleiche Resultat erwartet hätte. Vergiftet man Thiere mit kleineren Phosphordosen, so dass das Leben länger erhalten bleibt, so tritt vor dem Tode ein Krankheitsstadium ein, in welchem der Zerfall der Eiweisskörper und vielleicht auch die Ausscheidung der Zersetzungsproducte wieder abnimmt. Da diese Abnahme in der Grösse des Eiweissumsatzes offenbar mit denjenigen Veränderungen im Körper zusammentrifft, welche das Aufhören des Lebens nach kurzer Zeit nach sich ziehen, so kann man sich nicht Wunder nehmen, wenn F. A. Falck keine oder nur eine vorübergehende Steigerung beobachtete, da er mit den grossen Giftdosen dieses Stadium in kürzester Zeit herbeiführte.

Wenn aber F. A. Falck mit Hilfe der von ihm erhobenen Daten einen Rückschluss auf den Gesammtstoffwechsel macht, so muss man dagegen entschiedene Einsprache erheben. Durch Versuche, wie sie von F. A. Falck angestellt wurden, erhält man über die Menge der ausgeschiedenen Kohlensäure und des durch Haut und Lungen abgegebenen Wassers, sowie über die Sauerstoffaufnahme, d. h. über den Gesammtstoffwechsel gar keine Vorstellung, folglich kann man auch über die Grösse der Fettzersetzung nicht urtheilen.

Durch die eben besprochenen Versuche von F. A. Falck wird demnach die von mir festgestellte Thatsache, dass bei Phosphorvergiftung die Fettzersetzung und die Sauerstoffaufnahme verringert wird, gar nicht berührt.

Herr Dr. L. Lewin hat im physiologischen Institute einen Versuch an einem ausgewachsenen hungernden Hunde von einem Gewicht von 23 kg angestellt, der nach 10 tägigem Hungern Phosphor in beträchtlicher Dosis erhielt.

Die Resultate des Versuches waren folgende:

Tag des Hungerns	Harnmenge in ccm	Harnstoff nach Liebig	
2.	254	13,0	
3.	172	11,8	
4.	240	16,2	
5.	250	17,0	
6.	228	15,4	
7.	218	15,4	
8.	385	17,6	
9.	263	15,5	
10.	263	14,1	
11.	248	15,6	0,031 g Phosphor
12.	348	20,5	0,047 "
13.	362	19,5	0,063 "

Der Hund ging am 14. Tage zu Grunde. Die Wirkung auf das Thier war von Anfang an eine sehr heftige; es lag grösstentheils matt da und liess auch am 12. und 13. Tage mehrere Mal den Harn auf den Zimmerboden, von wo er so gut es ging gesammelt wurde. Nichtsdestoweniger ist die anfängliche Steigerung der Harnstoffausscheidung vollkommen deutlich. Am letzten Tage trat aber eine ansehnliche Verminderung derselben auf; denn am 14. Tage, an dem das Thier Abends zu Grunde ging, entleerte es keinen Harn mehr und in der Blase fanden sich nur 54 ccm Harn mit 1,43 g Harnstoff für 10½ Stunden.

Um jedoch zu zeigen, dass meine früheren Versuchsresultate im vollen Umfange richtig waren, habe ich den Einfluss des Phosphors auf die Eiweisszersetzung abermals geprüft und zwar bei geringen Dosen. Schon bei meinem früheren Versuche hatte ich einen dreijährigen Hund benutzt, ebenso wählte ich für die Untersuchung, über die ich eben berichte, ein älteres Thier. Ich liess den Hund, welcher gewohnt war täglich zu bestimmter Stunde den Harn in ein untergehaltenes Gefäss zu entleeren, zunächst 9 Tage lang hungern. Sodann liess ich 13 Tage hindurch reichliche gemischte Nahrung füttern. Nun wurde die Nahrung abermals entzogen, und nach Abschluss des 4. Hungertages erhielt das Thier 0,005 g Phosphor in Pillenform. An den beiden nächstfolgenden Tagen wurde je eine Pille mehr gegeben, ohne dass jemals Er-

brechen erfolgt wäre. Am 6. Tage nach Beginn der Vergiftung trat der Tod ein, und das Thier hatte bis dahin 6,04 kg seines Anfangsgewichtes bei Beginn der zweiten Reihe verloren. Das Ergebniss dieser beiden Beobachtungsreihen ist in folgender Tabelle enthalten.

A.

Hungerperiode vom 6. — 15. Mai.

Versuchstag	Menge des entl. Harns	Specif. Gewicht	Harnstoff titr. absolut	Harnstoff titr. relativ
1. Hungertag	332	1,039	22,9	100
2. „	314	1,037	21,9	95,6
3. „	495	1,027	23,7	103,4
4. „	375	1,031	19,8	86,4
5. „	378	1,034	21,6	94,3
6. „	325	1,038	20,2	88,2
7. „	362	1,038	22,6	98,6
8. „	360	1,036	23,3	101,7
9. „	332	1,036	22,0	96,0

B.

Hungerperiode vom 28. Mai bis 6. Juni, am 5. Hungertage mit Phosphor vergiftet.

Versuchstag	Menge des entl. Harns	Specif. Gewicht	Harnstoff titr. absolut	Harnstoff titr. relativ	Menge des einverleibten Phosphors
1. Hungertag	865	1,017	22,4	100	
2. „	472	1,024	16,5	73,2	
3. „	415	1,021	12,8	57,1	
4. „	390	1,029	15,4	67,4	
1. Vergiftungstag	505	1,023	16,9	75,4	0,005
2. „	402	1,030	18,6	83,0	0,010
3. „	478	1,038	26,9	120	0,015
4. „	680	1,039	42,8	191,0	—
5. „	1085	1,020	35,6	158,9	—

Der Gang der Harnstoffausscheidung während dieser beiden 9tägigen Perioden bei dem nämlichen Thiere ist ein sehr verschiedener, indem dieselbe während der Hungerperiode vom 6. bis 15. Mai nahezu constant bleibt, während 14 Tage später nach Darreichung von Phosphor eine enorme Steigerung eintritt. Da das Thier bei Beginn der zweiten Hungerreihe sein ursprüngliches Körpergewicht wieder erreicht hatte, so war dasselbe zu dieser Zeit fettreicher als zu Anfang der ersten Hungerperiode, da der Ansatz von Fett rascher als derjenige von Eiweiss von Statten geht. Auch die geringere Eiweisszersetzung während der zweiten Hungerreihe bis zum Beginne der Vergiftung zeigt, dass das Thier eiweissärmer und fettreicher geworden war. Somit konnte während der zweiten Periode Fettmangel noch weniger eintreten, als dies während der

ersten der Fall war, und die beobachtete enorme Steigerung des Eiweissumsatzes konnte nur durch den Phosphor bedingt sein.

Ich füge noch hinzu, dass an den beiden letzten Beobachtungstagen neben der Titrirung des Harnstoffs nach Liebig auch die directe Bestimmung des Stickstoffs ausgeführt wurde, wobei sich übereinstimmende Werthe ergaben.

Bei meinen beiden Versuchen ergab sich in Folge von Phosphorvergiftung eine so bedeutende Vermehrung in der Ausscheidung stickstoffhaltiger Zersetzungsproducte, wie sie niemals, auch nicht von F. A. Falck, bei fortgesetztem Hunger beobachtet wurde.

Zum Beweise stelle ich die beiden Hungerreihen von F. A. Falck und meine beiden Phosphorversuche neben einander.

Tag der Beobachtung	Hund I v. Falck		Hund II v. Falck		Mein Phosphorhund I		Mein Phosphorhund II	
	Harnstoff		Harnstoff		Harnstoff		Harnstoff	
	absolut	relativ	absolut	relativ	absolut	relativ	absolut	relativ
1.	54,0	—	80,1	—	28,7	100	22,4	100
2.	10,13	100	21,42	100	21,5	74,9	16,5	73,2
3.	8,51	84,0	19,74	92,1	22,5	78,4	12,8	57,1
4.	8,57	84,6	19,61	91,5	30,5	106,2	15,4	67,4
5.	8,65	85,4	19,57	91,3	19,4	67,6	16,9	75,4
6.	8,19	80,8	19,0	88,7	13,0	45,3	18,6	83,0
7.	8,11	80,0	19,95	93,1	18,9	65,8	26,9	120,0
8.	8,36	82,5	24,20	112,9	20,2	70,3	42,8	191,0
9.	9,25	91,3	25,92	121,0	18,0	62,7	35,6	158,9
10.	10,27	101,4	(16,95)	111,7	12,7	44,2		
11.	11,53	114,0			(19,0)	—		
12.	11,87	117,2			18,6	64,8		
13.	13,02	128,6			(16,3)	56,7		
14.	13,99	138,0			29,6	103,2		
15.	14,04	138,6			22,9	79,7		
16.	12,84	126,7			25,2	87,8		
17.	11,58	114,3			37,8	131,7		
18.	12,61	124,4			51,9	180,8		
19.	10,58	104,4			30,0	104,5		
20.	9,86	97,3						
21.	11,02	108,8						
22.	4,26	42,0						
23.	0,52	5,1						
24.	0,62	6,1						

Mein erster Versuchshund schied während 12 Hungertagen im Durchschnitt täglich 20,3^{g}, am 5. und 6. Tage nach der Vergiftung 37,8 und 51,9^{g} und am Tage vor dem Tode 30^{g} $\overset{+}{U}$ aus. Hingegen producirte F. A. Falck's Hungerhund I als Minimum 8,11 und als Maximum 14,04^{g} $\overset{+}{U}$; derselbe zeigte also eine Zunahme um 5,93^{g} als grösste Differenz. Selbst nach F. A. Falck's Reduction der absoluten täglichen Harnstoffausscheidung auf die Einheit 100, welche wegen der hohen Harnstoffzahl am 1. Tage meiner Versuchsreihe für mich ungünstig ausfallen muss, ergiebt sich noch ein Verhältniss von 100 : 138,6 für Falck's Hungerhund und ein solches von 100 : 180,8 bei meinem ersten phosphorvergifteten Hunde[1]).

Mein Hund II ging in der Nacht des 10. Hungertages, nachdem er am 9. Tage noch 35,6^{g} Harnstoff entleert hatte, zu Grunde. Bei der Section fanden sich in der Blase 403^{ccm} Harn mit 15,7^{g} Harnstoff für 16 Stunden, was für 14 Stunden 23,6^{g} Harnstoff ausmachen würde. Die Harnstoffausscheidung sank also nach der gewaltigen Steigerung allmählich ab.

Man sollte glauben, wenn Zahlen überhaupt eine Beweiskraft besitzen sollen, so könnte man sie den vorliegenden nicht leicht absprechen. Es ist seit geraumer Zeit bekannt, dass die Eiweisszersetzung beim Hungern mit Eintritt von Fettmangel eine Steigerung erfährt; es ist aber bis zur Stunde unerwiesen, dass dieselbe auch nur annähernd solche Dimensionen annimmt wie bei Phosphorvergiftung. F. A. Falck sollte sich daher nicht verwundern, wenn v. Boeck und Forster eine beobachtete geringe Steigerung in der Harnstoffausscheidung bei Darreichung von arseniger Säure von fortgesetzter Inanition abhängig machten, während sie meine Schlussfolgerung in Betreff der Phosphorvergiftung anerkennen. Es ist eben denjenigen, welche in Voit's Laboratorium arbeiten, nicht nur bekannt, dass der Eiweissumsatz durch Fettmangel während der Inanition verändert wird, sondern auch in welchem Maasse dies der Fall ist.

1) Ich lasse auch unerörtert, ob man bei verschiedener Grösse der Versuchsthiere überhaupt berechtigt ist, die relativen Harnstoffzahlen ohne Weiteres unter sich zu vergleichen.

Die von Storch und mir experimentell festgestellte Steigerung des Eiweissumsatzes bei Phosphorvergiftung hat A. Fraenkel vor Kurzem durch eine sehr bemerkenswerthe Beobachtung auch am Menschen bestätigt. Es wurden bei diesem Falle an einem Tage 23,76g N mit dem Harn entleert und zwar 10,42g in Form von Harnstoff und 13,34g in Form von Amidosäuren. Diese Beobachtung widerlegt die Angabe von Schultzen und Riess, dass im Harn Phosphorvergifteter das Vorkommen von Leucin und Tyrosin stets vermisst werde. A. Fraenkel bringt die reichliche Ausscheidung von Tyrosin und Leucin in dem von ihm beobachteten Falle mit einer weit fortgeschrittenen Atrophie der Leber in Zusammenhang. Diese Erklärung befindet sich in befriedigender Uebereinstimmung mit den experimentellen Ergebnissen an Hunden, bei denen die Veränderung der Leber nur geringe Grade zu erreichen pflegt, wenigstens bei mässigen Giftdosen. Man findet daher Tyrosin und Leucin wohl in grösserer Menge in der Leber — bei meinem letzten Versuche 0,253g für das ganze Organ nach der Bestimmung von Dr. Erwin Voit —, nicht aber im Harn. Es wird beim phosphorvergifteten Hunde trotz verringerter Oxydation der grösste Theil des Stickstoffs in Form von Harnstoff entleert, wenigstens bei mässigen Giftdosen, so dass die Harnstoffbildung von der Oxydation unabhängig erscheint und Tyrosin und Leucin kaum als normale Vorstufen des Harnstoffs angesehen werden können.

Die von Dr. Erwin Voit vorgenommene Untersuchung des Harns, der von meinem Versuchshund am 5. Juni entleert wurde, auf peptonartige Substanzen und Fleischmilchsäure gab negative Resultate.

Am letzten Versuchstage (6. Juni), an welchem der Hund 35,6g Harnstoff ausschied, wurden von Dr. Voit auch mehrere andere Harnbestandtheile bestimmt. Der 24stündige Harn enthielt darnach:

Schwefelsäure im frischen Harn	1,167
„ „ geglühten Harn	2,144
Chlor im geglühten Harn	1,580
Phosphorsäure mit Uran	3,268
Kreatinin	0,3772
Kreatin	0

Diese Zahlen stehen ganz im Verhältniss zur hohen Eiweisszersetzung. —

Es giebt Versuchsresultate, die so schlagend sind und die Möglichkeit einer Täuschung so bestimmt ausschliessen, dass ein einziger Versuch entscheiden kann, und so verhält es sich mit dem Stoffumsatz bei Phosphorvergiftung. Der Vorwurf von F. A. Falck, dass ich meine Schlussfolgerungen aus einem einzigen Versuche gezogen habe, ist aber um so weniger zutreffend, als sich die Ergebnisse meiner Untersuchung in vollständiger Uebereinstimmung mit denjenigen Anderer befanden.

Kritik und Controle sind gewiss für den Fortgang der wissenschaftlichen Arbeit nothwendig, dieselben würden jedoch zum Hemmschuh, wenn sie in einer Weise dienstbar gemacht werden, wie es von F. A. Falck geschehen ist. Dabei sollte die berufenste Kritik niemals bis zur Beleidigung fortschreiten, noch weniger aber dürften Ausfälle die Stelle sachlicher Gründe vertreten. Wer aber einem inneren Drange nicht zu widerstehen vermag, der darf sich auch nicht wundern, wenn schliesslich seine Worte von anders Denkenden mit Stillschweigen übergangen werden und ohne jede Spur verhallen.

Kohlensäureausscheidung des Menschen bei verkleinerter Lungenoberfläche.

Von

Dr. **Konrad Möller**
aus Keitum.

(Aus dem physiologischen Laboratorium zu München.)

Bis vor wenigen Jahren hatte man allgemein die Anschauung, dass der Sauerstoff die nächste und directe Ursache der Stoffzersetzungen im Thierkörper wäre; man meinte, je mehr von diesem Gase der Lunge und dem Blute zugeführt werde, desto mehr verbrenne im Organismus. Man dachte sich daher die Grösse des Verbrauchs abhängig von der Zahl und Tiefe der Athemzüge, der Anzahl der Herzschläge, der Grösse der Lungenoberfläche. Die Athemzüge sollten die Verbrennung im Körper reguliren wie etwa die Bewegungen des Blasebalgs bei genügendem Kohlenvorrath die Gluth in der Esse. Alle Erscheinungen schienen mit dieser Annahme gut sich vereinigen zu lassen, so z. B. die intensiveren Athembewegungen und die reichlichere Kohlensäurebildung bei Körperanstrengung.

Wenn ich die früheren Vorstellungen richtig erfasse, so schloss man weiter, dass bei Erkrankungen der Lunge, durch welche die Fläche, an welcher Blut und Luft ihre Gase austauschen, verringert wird, eine kleinere Menge von Sauerstoff eintrete und deshalb weniger verbrannt werde. In Folge der geringeren Verbrennung liess man bei den genannten Krankheiten weniger Wärme erzeugt werden und weniger lebendige Kraft für die übrigen Leistungen zur Verfügung stehen; somit schien der Kräfteverfall solcher Kranken, welche wegen des verminderten Stoffverbrauchs auch weniger Nahrung aufzunehmen brauchen, einfach erklärt zu sein.

Man ist jetzt bekanntlich anderer Meinung über die Aufnahme und die Wirkung des Sauerstoffs im Körper geworden. Nicht mehr der Sauerstoff ist die erste Ursache der Zerstörung, sondern unter den noch unbekannten Bedingungen der Zellen zerfallen die complicirteren Verbindungen in einfachere, wobei in letztere allmählich Sauerstoff eintritt. Wird der Sauerstoff des Blutes durch die Gewebe nicht weggenommen, dann führen auch die grössten Athemanstrengungen nicht mehr Sauerstoff in das Blut. Die Athembewegungen sind secundäre Erscheinungen und von dem Grade der Zerstörung im Körper abhängig; sie besorgen nur die Ventilation der Organe, d. i. den Ersatz für den verbrauchten Sauerstoff und die Ausscheidung der Kohlensäure.

Sind diese Vorstellungen richtig, dann können jene vorher erwähnten Voraussetzungen bei den Veränderungen der Athemorgane nicht richtig sein. In der That tritt an keinem Beispiele die Verschiedenheit der Anschauungen und die Bedeutung der neueren Lehren so klar hervor als in den Respirationsverhältnissen bei Erkrankungen der Lunge.

Es sind bei Verkleinerung der den Gaswechsel besorgenden Lungenoberfläche drei Möglichkeiten des Ausgleiches denkbar.

1. Es könnte aus irgend einem Grunde bei solchen Veränderungen weniger Material im Körper zerfallen, so dass weniger Sauerstoff zur Oxydation nöthig ist und weniger Kohlensäure entsteht. Dies war, wie gesagt, die frühere Meinung, als man den Sauerstoff die Zersetzungen bedingen liess und sich vorstellte, bei Erkrankungen der Lunge müsse auch die Sauerstoffaufnahme beeinträchtigt werden. Es könnte aber, nicht wegen der geringeren Zufuhr des Sauerstoffs, sondern aus irgend einem anderen Grunde, in jenen Fällen die Zerstörung im Organismus herabgesetzt sein, wenn sich unter solchen Einflüssen die Bedingungen des Zerfalls in den Zellen ungünstiger gestalten. Es ist jedoch gleich zu bemerken, dass nach unseren jetzigen Erfahrungen über den Stoffverbrauch ein solcher hemmender Einfluss nicht wahrscheinlich ist; Fraenkel meint sogar im Gegentheil, dass die Behinderung in der Sauerstoffaufnahme einen grösseren Eiweisszerfall hervorruft.

2. Es könnte bei unveränderten Bedingungen der Umsetzung in den Zellen gleich viel Material wie normal in den Zerfall gezogen werden, aber es könnten wegen Mangel an Sauerstoff die nächsten Zerfalltrümmer nicht sämmtlich bis zu den letzten Ausscheidungsproducten: Wasser, Kohlensäure oder Harnstoff weiter oxydirt werden, so dass sauerstoffärmere Verbindungen zurückbleiben und ausgestossen werden. Dies ist der Fall bei der Zuckerharnruhr, wo aus noch unbekannter Ursache, jedoch nicht aus Mangel an Sauerstoff, der Zucker nicht weiter zerlegt wird, oder bei der Fettansammlung, in anämischen oder in mit Phosphor vergifteten Menschen, bei welcher das aus dem Darm aufgenommene sowie das aus dem Eiweiss entstandene Fett unzersetzt bleibt. Wir haben aber bis jetzt keine Kenntniss davon, dass sich solche Producte im Leibe oder in den Excreten Lungenkranker in reichlicher, Ausschlag gebender Menge vorfinden. Man beobachtet allerdings bei Phthysikern, wie bei geschwächten Individuen überhaupt, nicht selten Ansammlung von Fett in den Organen; ferner findet sich nach den Angaben von Frerichs und Staedeler[1]) bei gestörter Respiration Allantoin im Harn von Hunden, z. B. nach Einspritzung von Oel in die Lunge oder nach Chlorathmungen, aber nicht in dem Harn von Menschen bei Dyspnöe, Emphysem, Pneumonie. Jedoch scheinen die Mengen dieser Stoffe nicht gross genug zu sein, um einen Ausgleich zu ermöglichen.

3. Könnte bei solchen Krankheiten sowohl der Zerfall der Stoffe im Körper, als auch die Aufnahme von Sauerstoff und die Abgabe von Kohlensäure wie in normalem Zustande sich verhalten, nämlich dann, wenn durch besondere Veranstaltungen trotz der Verminderung der Lungenoberfläche ein genügender Gasaustausch ermöglicht ist. Im letzteren Falle wäre also die Menge des verzehrten Sauerstoffs und der ausgeschiedenen Kohlensäure nicht anders wie bei Gesunden unter sonst gleichen Verhältnissen, in den beiden ersten Fällen müsste eine ansehnliche Verminderung der beiden Gase gefunden werden.

---

1) Arch. f. Anat. u. Physiol. 1854 S. 393.

Ich war nach einigen anderen Erfahrungen, auf die ich noch zurückkommen werde, von vornherein geneigt, die letztere der drei Annahmen für die wahrscheinlichste zu halten. Da jedoch unsere Schlussfolgerungen auf einem so schwierigen Gebiete wie dem der Lebenserscheinungen, auch wenn sie uns noch so sicher dünken, der Prüfung durch den Versuch bedürfen, so habe ich unter der Leitung von Prof. Voit im Sommer 1877 mittelst des Pettenkofer'schen Respirationsapparates eine Anzahl von Bestimmungen der Kohlensäureausscheidung an Menschen gemacht, welche in Folge pathologischer Veränderungen eine Verkleinerung der athmenden Lungenoberfläche zeigten.

Es liegen nämlich bis jetzt nur sehr wenige brauchbare Versuche über den Gaswechsel bei solchen Störungen am Menschen vor. An Thieren sind sie nicht wohl zu machen, da Erkrankungen der Art bei ihnen seltener sind und plötzlich wirkende Eingriffe viel heftigere Erscheinungen veranlassen als allmählich sich entwickelnde Veränderungen, wie sie beim Menschen sich finden und an welche eine Anpassung stattfinden kann.

Beim kranken Menschen sind genaue Versuche über die Grösse der Sauerstoffaufnahme und der Kohlensäureabgabe mit Schwierigkeiten verbunden. Versuche, welche kurze Zeit währen, geben keine sicheren Aufschlüsse; die meisten derselben sind aber bisher mit Apparaten angestellt worden, welche nur eine Bestimmung von einigen Minuten zulassen. Man benutzte gewöhnlich ein Mundstück, mittelst dessen man durch einen die Athembewegungen häufig erschwerenden und die Rhythmik derselben stark beeinflussenden Ventilapparat athmete. Dann war man nicht darauf bedacht, die Anordnung in der Art zu treffen, dass vergleichbare Resultate erhalten werden können. Es sind demnach für die Untersuchung des Gaswechsels beim Menschen nur solche Apparate zu gebrauchen, welche ein ganz freies und ungestörtes Athmen gestatten und eine längere Beobachtung zulassen. Diese Anforderungen erfüllt nur der von Scharling[1]) angewandte Kasten und der Pettenkofer-sche Respirationsapparat.

1) Annal. d. Chemie u. Pharm. 1843 Bd. XLV S. 214.

Vor langer Zeit hat Nysten[1]) bei kranken Menschen Bestimmungen der Kohlensäureausscheidung gemacht. Er liess während 30 Secunden durch Ventile in eine Blase athmen; die Menge und Zusammensetzung der Luft wurde ermittelt, letztere durch Absorption mit Kalkwasser und Phosphor in einer graduirten Glasröhre. Nysten meint aus seinen Bestimmungen schliessen zu dürfen, dass bei erschwerten Athembewegungen, bei Pneumonie und Schwindsucht, bis zu einem gewissen Grade weniger Kohlensäure aus den Lungen austritt wie im gesunden Zustande; in der Schwindsucht schien sich jedoch bei einigen Versuchen, wenn nicht das Athmen bedeutend erschwert war, die Menge der Kohlensäure wenig von der normalen zu entfernen.

Die ersten brauchbaren Versuche rühren von Ad. Hannover[2]) her, welcher mit Scharling's Kastenapparat Beobachtungen der Kohlensäureausscheidung an kranken Menschen und darunter auch an einigen Lungenleidenden angestellt hat. Die Versuchsdauer betrug etwa 1 Stunde, die Versuchszeit fiel zwischen 10 und 1 Uhr vor der Mittagsmahlzeit. Da die Resultate von grossem Interesse sind, so führe ich sie hier auf:

Geschlecht	Alter	Körpergewicht in kg	Krankheit	Kohlenstoff in 1 Stunde	Kohlenstoff auf 1 kg Körpergewicht in 1 Stde.	
Mädchen .	15	40,0	Chlorosis	7,27	0,18175	
Mädchen .	16	44,5	Chlorosis	7,37	0,16562	0,157
Mädchen .	18	41,5	Chlorosis	6,61	0,15928	
Mädchen .	32	62,5	Chlorosis	7,68	0,12288	
Mann . . .	32	49,5	Phthysis	8,06	0,16283	
Mann . . .	41	40,5	Phthysis	4,57	0,11284	
Mann . . .	43	61,5	Phthysis	6,07	0,09870	0,125
Frau . . .	28	46,5	Phthysis	5,76	0,12387	
Frau . . .	44	48,0	Phthysis	6,09	0,12683	
Mann . . .	34	70,5	chron. Bronchitis	10,19	0,14454	0,150
Mann . . .	42	54,0	chron. Bronchitis	8,38	0,15519	
Mann . . .	32	66,5	Ikterus	8,51	0,12797	0,145
Frau . . .	42	52,0	Ikterus	8,40	0,16154	
Mann . . .	17	48,0	Herzkrankheit	7.10	0,14792	
Mann . . .	49	61,5	Bright'sche Krankht.	8,76	0,14244	
Mann . . .	49	55,5	Steinkrankheit	5,32	0,09586	
Mann . . .	16	57,8	gesund	9,33	0,16147	
Mann . . .	28	82,0	gesund	9,99	0,12180	0,137
Mann . . .	35	65,5	gesund	9,14	0,13960	
Frau . . .	19	55,8	gesund	6,86	0,12305	

1) Exper. de chim. et de physiol. pathol. Paris 1811 p. 186, in Meckel's deutsch. Arch. f. d. Physiol. 1817 Bd. III S. 264.

2) De quantitate relativa et absoluta acidi carbonici ab homine sano et aegroto exhalati. Hauniae 1845.

Aus diesen Zahlen geht hervor, dass die absolute Kohlensäureausscheidung bei den Gesunden allerdings meist grösser ist als bei den Kranken, welche letztere aber in diesen Fällen gewöhnlich ein geringeres Körpergewicht besitzen. Nach den Schlussfolgerungen Hannover's ist, wenn man auf die Einheit des Körpergewichtes reducirt, die mittlere Menge der Kohlensäure bei chlorotischen Mädchen nicht geringer als normal, sondern sogar etwas grösser; bei chronischer Bronchitis ist dieselbe wie beim Gesunden, und nur bei Phthysikern sinkt sie etwa unter die normale Grösse herab.

Später sind von Paul Hervier und Saint Sager[1]) Untersuchungen über die Kohlensäureausscheidung bei Kranken ausgeführt worden. Sie bedienten sich des ganz ungenügenden Verfahrens von W. Prout[2]), bei dem man durch die Nase ein- und durch den Mund in eine Blase ausathmet, deren Kohlensäure dann durch Kalilauge weggenommen wird, und fanden dadurch bei Krankheiten der Lunge z. B. in der Phthysis weniger Kohlensäure, dagegen mehr bei allen Entzündungen mit Ausnahme derjenigen Erkrankungen, welche die Respiration und Circulation beeinträchtigen, z. B. bei Pneumonie, Pleuritis, Endokarditis.

In neuerer Zeit ist von Leyden[3]) nach Lossen's Methode die Respiration bei Krankheiten in fieberhafter und fieberloser Zeit verglichen worden und darunter auch einem Falle von Pneumonie. Dieser Fall ist für meine Zwecke wenig verwerthbar, da ein Versuch nur 15 Minuten währte und ein Vergleich mit dem normalen Zustande nur schwer möglich ist.

Endlich hat G. Wertheim[4]) den Lungengasaustausch bei einigen Krankheiten einer Prüfung unterworfen. Er erhält das Volum der Exspirationsluft, indem er während 2 Minuten durch einen Ventilapparat in einem luftleeren grossen Kautschucksack athmet und dann in dieser Luft den Procentgehalt an Sauerstoff und Kohlensäure nach den Methoden von Bunsen und Pettenkofer ermittelt. Unter den Erkrankten befanden sich auch solche mit Pneumonie, Pleuritis und Tuberkulose. Es lässt sich jedoch

---

1) Comptes rendus de l'Acad. des Sciences 1849 T. LVIII p. 260.
2) Annals of philos. T. II p. 328.
3) Deutsch. Arch. f. klin. Med. 1870 Bd. VII S. 536.
4) Deutsch. Arch. f. klin. Med. Bd. XV S. 173.

bei der kurzen Beobachtungszeit von 2 Minuten nicht entscheiden, ob bei diesen Erkrankungen die absolute Kohlensäureausscheidung von der normalen abweicht oder nicht.

Da also nur die Versuche von Hannover der Art sind, um Anhaltspunkte zur Beantwortung der mir gestellten Frage zu bieten, so hielt ich es für wichtig, durch genaue Versuche zu prüfen, wie die Abgabe der Kohlensäure bei nicht fiebernden Kranken sich gestaltet, bei denen der normale Gasaustausch in den Lungen gestört ist.

Zu den Versuchen dienten Männer, drei mit pleuritischem Exsudat, einer mit Emphysem und drei mit Phthysis, welche uns durch Herrn Director v. Ziemssen aus dem Krankenhause gütigst zur Verfügung gestellt wurden. Dieselben kamen, nachdem sie vorher Vormittags 11 Uhr ihre Hauptmahlzeit verzehrt hatten, in den Pettenkofer'schen Apparat. Sie erhielten die gewöhnliche Kost des Krankenhauses, deren Zusammensetzung durch die Prüfung von Dr. Fr. Renk[1]) bekannt ist. Der Versuch begann gegen 12 Uhr Mittags und währte 6 Stunden lang. Die Leute lagen während dieser Zeit in einem Bett, das am Boden des Kastens ausgebreitet war, und blieben darin in wachendem Zustande mit leichter Lektüre beschäftiget.

Ich stelle die Resultate der an den Kranken gemachten Beobachtungen und Untersuchungen in nebenstehender Tabelle übersichtlich zusammen.

Die Quantitäten der in 6 Stunden gelieferten Kohlensäure sind ziemlich verschieden; sie schwanken zwischen 145 und 278^{g} hin und her. Man kann nicht sagen, dass von den Gesunden in allen Fällen wesentlich mehr Kohlensäure producirt wird als von den Kranken. Es ist selbstverständlich, dass man bei diesen in dem Gewichte und dem Zustande ihres Leibes so sehr verschiedenen Menschen die sechsstündigen Kohlensäuremengen nicht mit einander in Vergleich setzen darf; denn der Hauptgrund der Differenzen ist offenbar die zwischen 44 und 74^{kg} schwankende ungleiche Körpermasse.

Es bleibt vorläufig nichts Anderes übrig, als die Kohlensäureausscheidung auf gleiches Körpergewicht zu berechnen. Ein ge-

1) Voit, Untersuchung der Kost in einigen öffentlichen Anstalten 1877 S. 66.

	Pleuritisches Exsudat		Pleuritis (genesend)	Emphysem	Lungenschwindsucht			Gesunde		
	Aigner [1]	Daffner	Zirngiebl [2]	Rotheigner	Filser [3]	Wiemann	Mayer [4]	Daffner	J. E.	M. M.
Versuchsdatum	5. Juni	7. Juni	12. Juni	15. Juni	18. Juni	27. Juni	28. Juni	8. Juli	—	—
Alter	25	44	26	63	24	48	38	44	36	28
Körpergewicht in kg	58,0	66,5	74,5	71,2	44,5	45,0	44,0	68,8	52,5	70,0
Beschäftigung	Blumenarbeiter	Gärtner	Bräuknecht	früh. Bräuknecht	Schuster	Spängler	Blumenmacher	Gärtner	Schneider	Uhrmacher
Wuchs	klein, schmächtg	mittelgross, breit	gross, schlank	zieml. gross sehr breit	lang, zart	mittel	sehr lang, schlank	mittelgross, breit	klein, schmächtg	mittel
Musculatur	mittel	mittel	ausgezeichnet	gut entwickelt	sehr gering	mittel	gering	mittel	mittel	kräftig
Fettpolster	gering	gut	sehr spärlich	wohlbeleibt	sehr mager	mager	mager	gut	schlecht genährt	gut
Kost	ganze Kost 1/4 l Bier	3/4 Kost 1/2 l Bier	1/2 Kost 1/4 l Bier	3/4 Kost 1/4 l Bier	ganze Kost mit Mehlspeise 1/4 l B.	3/4 Kost 3/4 l Bier	ganze Kost	gemischte Kost, 1 l Bier	reichliche Kost	reichliche Kost
Athemzüge in 1 Min.	31	25	23	28	32	23	25	—	—	—
Pulse in 1 Min.	100	100	88	84	120	90	98	—	—	—
g Kohlensäure in 6 Stdn.	185	192	278	192	145	165	146	201	198	266
g Kohlensäure auf 1 kg in 6 Stunden	3,19	2,89	3,73	2,70	3,26	3,67	3,32	2,92	3,77	3,81
g Kohlenstoff auf 1 kg in 1 Stunde	0,145	0,131	0,169	0,123	0,148	0,167	0,151	0,133	0,171	0,173

1) Grosses linkseitiges Exsudat; 1200 ccm Vitalcapacität. Schon einmal punktirt, aber wieder rechts voll Exsudat bis zur zweiten Rippe. — 2) Von fieberhafter Pleuritis fast genesen, aber mit beginnender Lungenschwindsucht. — 3) Gestorben den 26. Juli. — 4) Pleura adhärent.

naues Resultat liefert die Reduction der Zerfallproducte auf 1 kg Körpergewicht nicht, da, wie namentlich Prof. Voit dargethan hat, das letztere eine sehr verschiedene Zusammensetzung besitzen kann und ferner in einem gleichen Gewicht Organ desselben Organismus je nach den Umständen die Zersetzungen in Qualität und Quantität ganz ausserordentlich differiren. Bei einem abgemagerten Kranken treffen z. B. auf 1 kg Körpergewicht mehr Knochen und weniger von den übrigen, reichlicher Kohlensäure liefernden Organen; oder es zeigen sich bei demselben Körper je nach der Nahrungszufuhr und der Arbeit die grössten Schwankungen in der Kohlensäureausscheidung.

Ueberblickt man die Mengen der Kohlensäure, welche 1 kg Körper in 6 Stunden liefert, oder die Mengen des Kohlenstoffes von 1 kg in 1 Stunde, so sind diese nicht sehr von einander verschieden. Die Zahlen sind im Allgemeinen mit denen von Hannover gut übereinstimmend. Es kommen aber doch gewisse Differenzen vor, welche man so deuten könnte, wie Hannover die von ihm gefundenen, dass die Phthysiker oder Lungenkranken weniger Kohlensäure liefern, weil sie, wie er meint, weniger Sauerstoff zur Verfügung haben. Wir müssen daher die Zahlen einer näheren Betrachtung unterziehen.

In meiner Tabelle sind zum Vergleiche drei Kohlensäurebestimmungen an gesunden Personen angegeben. Die Zahl für Daffner ist von mir erhalten worden, nachdem derselbe von der Pleuritis sich ganz erholt hatte; dieselbe ist von besonderer Bedeutung und soll nachher verwerthet werden. Die beiden anderen Zahlen sind Mittelwerthe aus den Untersuchungen von Pettenkofer und Voit[1]); es wurden nicht die Zahlen von Tag und Nacht genommen, sondern die von den 12 Tagesstunden, an denen die beiden Männer eine sehr reichliche gemischte Kost verzehrten, welche viel opulenter war als die halbe oder ganze Kost des Spitals. Dies ist auch der eine Grund, warum die beiden Gesunden J. E. und M. M. etwas höhere Werthe der Kohlensäure geben als die Kranken. Wählt man bei dem Gesunden M. M. einen Tag aus,

1) Diese Zeitschrift 1866 Bd. II S. 546.

an dem er eine der Krankendiät sich annähernde Kost erhielt, nämlich bei dem Versuche Nr. 14, wo er in 6 Stunden 240g Kohlensäure abgab, so treffen auf 1kg Körpergewicht nur 3,42g Kohlensäure; am ersten Hungertage lieferte der kräftige Mann nur 2,87g Kohlensäure.

Aber es kommt noch ein anderes Moment in Betracht, nämlich die verschiedene Zusammensetzung des Körpers. Bei den Pleuritikern habe ich im Verhältniss zum Körpergewichte eine geringere Kohlensäureausscheidung gefunden als bei den Phthysikern; die letzteren sind durch die längere Krankheit mehr heruntergekommen und besitzen ein wesentlich geringeres Gewicht. Eine kleinere Körpermasse zersetzt aber nach vielfachen Erfahrungen relativ mehr, in unserem Falle schon deshalb, weil die Nahrung des Gesammtkörpers bei den grösseren und kleineren Menschen nahezu dieselbe blieb, wodurch der den Zerfall beeinträchtigende Einfluss der verhältnissmässig grösseren Knochenmenge im herabgekommenen Organismus übercompensirt wird. Der Pleuritis-Reconvalescent Zirngiebl wurde untersucht als ähnlich Erkrankter, denn er hatte ausser einem Reste des pleuritischen Exsudates eine Verdichtung der Lungenspitzen ohne beträchtliches Athemhinderniss und er verzehrte noch die Krankenkost; Abends zeigte er eine leichte Fieberbewegung durch die Temperatursteigerung auf 38,5° C. Zirngiebl schied nun unter den Kranken absolut und relativ am meisten Kohlensäure aus, er war aber auch weitaus am schwersten, ohne fett zu sein, und besass die grösste Organmasse, welche ausser der Nahrungszufuhr und der Arbeit von dem wesentlichsten Einflusse auf den Verbrauch im Körper ist. Der Emphysematiker Rotheigner zeigt den niedrigsten relativen Werth der Kohlensäure, was sich daraus erklärt, dass derselbe sehr fettleibig war, also ein ansehnlicher Theil seines Leibes aus dem den Zerfall hemmenden Fett bestand, und dass er wesentlich älter war als alle anderen von mir in Untersuchung gezogenen Männer.

Es scheint aus diesen Betrachtungen hervorzugehen, dass die etwas niedrigeren Zahlen der Kohlensäureausscheidung bei meinen Kranken nicht direct durch die Erkrankung der Lunge oder durch die geringere Sauerstoffaufnahme bedingt sind, sondern dass andere

Kranke mit gesunder Lunge oder auch Gesunde, deren Körper ähnlich beschaffen ist und welche die gleiche Kost geniessen, die nämlichen Kohlensäuremengen ausscheiden und also den gleichen Stoffzerfall zeigen werden.

Dass diese Auffassung richtig ist, wird durch den für uns besonders wichtigen Fall des Daffner mit Sicherheit bewiesen. Derselbe hatte nämlich bei seinem ersten Verweilen im Respirationsapparate das hochgradigste pleuritische Exsudat; er genas aber nach zweimaliger Punktion sehr schnell so weit, dass er aus dem Spitale als geheilt entlassen wurde und ich ihn im gesunden Zustande, nachdem er schon einige Zeit seiner Arbeit als Gärtner nachgegangen war, abermals untersuchen konnte.

Der erste Versuch fiel auf den 7. Juni. Daffner hatte damals seit 14 Tagen starke Athembeschwerden ohne besondere Schmerzen gehabt, dabei heftigen Husten mit Auswurf, so dass er das Bett hüten musste. Die Athmung geschah mit Hilfe der Musculi scaleni und sternocleidomastoidei. Zahl der Athemzüge in der Minute 26, der Pulsschläge 100. Die Gesichtsfarbe war fahl und livid, die Stirne feucht. Bei der Untersuchung der Brust zeigte sich die rechte Thoraxhälfte um 1^{cm} umfangreicher als die linke, mit verstrichenen Intercostalräumen; leerer Schall bis an den linken Sternalrand, Herzspitze in der linken Mamillarlinie, rechter Leberlappen bei der Exspiration unter dem Rippenbogen hervortretend. Rechts hinten zwischen Schulterblatt und Dornfortsätzen gedämpfter tympanitischer Schall, bronchiales Athmen, deutliche Bronchophonie und Vocalfremitus. Die linke Seite zeigte sich dagegen ganz normal. Am Tage des Respirationsversuches (am 7. Juni) hatte der Kranke die Dreiviertelkost des Krankenhauses ohne Gemüse erhalten; Morgens bekam er als Frühstück Kaffee mit 1 Semmel, Mittags 11 Uhr Kräutersuppe, mageres Rindfleisch, 1 Semmel und $^1/_2{}^l$ Bier.

Einen Monat darnach, am 8. Juli, kam der Mann in voller Reconvalescenz zum zweiten Male in den Respirationsapparat. Er war seit 14 Tagen in Arbeit, hatte keine Athembeschwerden mehr, keinen Husten, nur zuweilen ganz geringe Schmerzen in der Brust. Athmung in reinem Abdominaltypus; Thorax ungemein starr, daher

die Brust nur wenig, aber auf beiden Seiten gleichmässig sich hebend. Anzahl der Respirationen in der Minute 19, der Pulse 74. Die rechte Thoraxhälfte ist um 1 cm enger als die linke, die linke Schulter steht etwas höher, der linke Oberarm hat einen um 1 cm grösseren Umfang als der rechte. Die Percussion vorn ist auf beiden Seiten normal, der Lungenschall an der Lebergrenze bei tiefer Inspiration um 1,5 cm weiter abwärts gehend. Hinten rechts unten ein etwas gedämpftes Gebiet bis zum unteren Winkel der Scapula; darüber hie und da ein schlüpfriges Reiben zu hören. Athemgeräusch aufgehoben, Bronchophonie und Vocalfremitus abgeschwächt. Sonst überall normale Erscheinungen.

Um am 2. Versuchstage möglichst ähnliche Ernährungsverhältnisse zu haben wie am ersten, erinnerte ich den Mann, daran, was er als Kranker gegessen hatte, und trug ihm auf, vor dem zweiten Versuche, welcher ebenfalls zwischen 12 und 6 Uhr angestellt wurde, möglichst das Gleiche zu verzehren. Dies hat er auch gewissenhaft gethan, nur trank er als Gesunder ein Glas Bier mehr. Er nahm nämlich am 8. Juli früh Morgens Milchsuppe, um 9 Uhr Vormittags Kaffee mit 1 Semmel, und um 11 Uhr sein Mittagessen, bestehend aus einer Portion Kalbsbraten mit grünem Salat, Semmel und 1 l Bier.

Das Resultat der beiden Respirationsversuche war nun Folgendes:

	krank	gesund
Körpergewicht	66,5	68,8
Kohlensäure in 6 Stunden	192	201
Kohlensäure in 6 Stunden auf 1 kg Körpergewicht .	2,89	2,92

Die Kohlensäureausscheidung des Mannes ist demnach unter gleichen Umständen, bei gleicher Nahrungszufuhr und gleichem Grad der Thätigkeit, während hochgradiger Athemnoth nicht erheblich geringer wie bei freier, normaler Athmung.

Aus der absolut und relativ kleineren Quantität der Kohlensäure bei dem gesunden Daffner im Vergleiche mit der des gesunden Mannes M. M. geht auch hervor, dass die reichlichere Kost des Letzteren wirklich das Auftreten der grösseren Kohlensäuremenge bedingte und dass Daffner als gesunder, kräftiger Arbeiter am Versuchstage weniger gegessen hat als zu seiner Erhaltung nöthig war.

Ich schliesse daher, dass bei Erkrankungen und Veränderungen der Lunge unter sonst gleichen Verhältnissen die nämliche Menge von Kohlensäure im Körper gebildet wird als im gesunden Zustande, und wie man weiter annehmen darf, dass dabei auch die Sauerstoffaufnahme von der normalen nicht verschieden ist.

Von den im Eingange dieser Abhandlung aufgestellten drei Möglichkeiten fallen also die beiden ersten durch meine Versuchsergebnisse weg, nämlich die eines geringeren Zerfalls und einer geringeren Kohlensäurebildung im Körper oder die der Ausscheidung von nicht bis zu Kohlensäure oxydirten Verbindungen im Harn oder Koth bei unveränderter Stoffzersetzung, und bleibt nur die dritte und letzte übrig. Nach dieser ist der Umsatz, sowie die Aufnahme des Sauerstoffs und die Erzeugung der Kohlensäure ganz wie normal, aber es sind Einrichtungen vorhanden, welche trotz der verminderten Lungenoberfläche den Gasaustausch doch in genügender Weise vermitteln, also dasjenige wieder einbringen, was durch die Veränderung der Lungen eingebüsst wird. Bei den Pleuritikern war durch das starke Exsudat die eine Lunge fast ganz vom Athmen ausgeschlossen und die andere musste dafür thätig sein; bei den Emphysematikern trat mit jedem Athemzug weniger Luft ein und aus wie normal; bei den Phthysikern endlich war ein grosser Theil des Lungengewebes verödet.

Innerhalb weiter Grenzen hat also die Lunge die Fähigkeit, den gleichen Ventilationseffect zu erreichen, wenn auch ihre Oberfläche für den Gasaustausch verringert ist wie bei Pleuritis und Phthysis, oder wenn ein geringeres Luftvolum mit jedem Athemzug gewechselt werden kann wie bei dem Emphysem.

In beiden Fällen wird der Ventilationseffect der gleiche wie normal bleiben, wenn häufigere und tiefere Athemzüge gemacht werden als im gesunden Zustande. Ohne Aenderung im Athemrhythmus würde sich, wenn weiter keine Compensation gegeben wäre, bei jenen Erkrankungen die Kohlensäure im Blute ansammeln und der Sauerstoff in grösserer Menge aus dem Blute von den Geweben weggenommen werden; die venöse Beschaffenheit des Blutes bewirkt dann durch den Einfluss auf das verlängerte Mark die Aenderung in der Frequenz und Tiefe der Athembewegungen.

Dem vermehrten Gasaustausche durch einen anderen Athemrhythmus ist jedoch eine Grenze gesetzt. Durch häufigere und durch tiefere Athembewegungen kann allerdings in der gleichen Zeit ansehnlich mehr Kohlensäure abgegeben werden. Aber bei sehr zahlreichen Athemzügen nimmt, wie Lossen's[1]) Versuche gezeigt haben, die Tiefe derselben immer mehr ab, da die Zeit für Aufnahme eines grösseren Luftvolums nicht gegeben ist; in gleicher Weise verringert sich bei recht tiefen Athemzügen die Zahl derselben. Bei einer bestimmten Frequenz der Athemzüge bewegt sich also ihre Tiefe in ziemlich engen Grenzen, ebenso bei bestimmter Tiefe ihre Frequenz.

Denken wir uns vorläufig die Circulationsverhältnisse in der Lunge nicht geändert d. h. die nämliche Menge von Blut durch die kranken Lungen getrieben wie durch die gesunden, dann wird trotz der Veränderung des Organes durch häufiges und entsprechend tiefes Athmen die Ventilation des Körpers besorgt werden können. In der That machen die Lungenkranken mehr Athemzüge und war dies auch bei meinen Kranken durchgängig der Fall.

Die Erkrankungen der Lunge verändern aber auch die Kreislaufsverhältnisse des Blutes in derselben. Eine durch Phthysis verödete Lunge, die stark ausgedehnte Lunge des Emphysematikers, die eine Lunge des Pleuritikers würde, wenn nicht besondere Anpassungen auftreten, weniger Blut fassen, d. h. es würde ein geringerer Bruchtheil des Gesammtblutes in der gleichen Zeit in sie getrieben. Dies könnte wieder zur Folge haben, dass sich Kohlensäure im Blute anfstaut und dass weniger Sauerstoff darin sich befindet; durch die grössere Kohlensäurespannung im Blute und durch die grössere Differenz im Sauerstoffgehalt der Lungenluft und des Blutes würde dann die Diffusion der Gase beschleuniget sein, so dass bei gleichzeitiger Vermehrung der Zahl und Tiefe der Athemzüge doch das Blut seine gehörige Ventilation empfinge.

Es finden jedoch allerlei Anpassungen statt, welche es ermöglichen, dass durch die erkrankte Lunge in gleicher Zeit nicht weniger Blut strömt als durch eine gesunde.

1) Diese Zeitschrift 1866 Bd. II S. 244.

Zunächst vermag der Gasaustausch trotz der geringeren Blutmenge in der Lunge dadurch sich zu vergrössern, dass in der Zeiteinheit öfters Blut eingepumpt wird, also bei zahlreicheren Herzschlägen; dass eine beträchtliche Vermehrung in der Zahl derselben bei Lungenkrankheiten sich zeigt, ist bekannt und auch bei den von mir untersuchten Männern constatirt. Wird dabei mit jeder Systole das normale Blutquantum entleert, dann kann in der gleichen Zeit durch die verkleinerte Gefässbahn die normale Blutmenge strömen. Das gleiche ist der Fall, wenn das Herz sich ausdehnt und bei unveränderter Zahl der Schläge mit jedem derselben mehr Blut in die Lunge treibt. Beide Male muss, wenn bei den Lungenkrankheiten die gleiche Blutmenge auf einen geringeren Gefässquerschnitt sich vertheilt und das Gefässlumen nicht erweitert ist, die Strömung des Blutes in den Blutgefässen eine ungleich geschwindere sein. Ist nun die Zeit gegeben, dass dieses Blut trotz der geringeren Oberfläche mit der Lungenluft genügend in Wechselwirkung tritt, dann wird durch eine Lunge eben so viel Kohlensäure abgegeben und Sauerstoff aufgenommen als sonst durch beide. Auch hier müsste durch zahlreichere und tiefere Athemzüge in die defecten Lungen das normale Luftvolum eingeführt werden, oder die Ausathemluft procentig mehr Kohlensäure und weniger Sauerstoff enthalten.

Ausserdem und vor Allem kommt hier noch in Betracht, dass nach und nach die Gefässe des gesunden Theiles der Lunge sich ausdehnen und mehr Blut als normal fassen. So ist es z. B. nach einer mündlichen Mittheilung von Herrn Prof. v. Buhl der Fall bei Verödung der einen Lunge nach einem pleuritischen Erguss. Dadurch wird die Strombahn der einen Lunge so weit wie sonst die Bahn beider Lungen, und die Zahl der Herzschläge sowie die erhöhte Geschwindigkeit des Blutstroms kann wieder abnehmen. Fände keine Ausdehnung der Gefässe statt, dann müsste mit jeder Systole des rechten Herzens, der Widerstände in den Gefässen des gesunden Lungentheils halber, viel weniger Blut ausgepresst werden als normal.

Durch alle diese Umstände ist es also möglich gemacht, dass bei gleicher Kohlensäureerzeugung wie normal trotz der Verringe-

rung der Athemfläche doch die Kohlensäure abgegeben und eben so viel Sauerstoff eingenommen wird wie bei grösserer Athemfläche. Die Ausgleichung geht selbstverständlich nur bis zu einer gewissen Grenze; dieselbe ist erreicht, wenn die Oberfläche des noch gesunden Lungentheils und damit die durchtretende Blutmenge zu gering wird, so dass auch die zum Maximum gesteigerte Frequenz der Herzschläge und der Athemzüge keinen Erfolg mehr hat.

In Folge dieser allmählich eintretenden Anpassungen zeigen die Phthysiker auch selbst bei grossen Zerstörungen der Lunge häufig keine dispnöetischen Erscheinungen; dieselben finden sich aber bei raschem Wachsen eines pleuritischen Exsudates, plötzlich eintretendem Pneumothorax, an welche sich jedoch der Körper wenn mit der Zeit die Ausgleichungen sich eingerichtet haben, gewöhnen kann. Schliesslich ist das Maximum des Hindernisses für den Gasaustausch gegeben; bei weiterem Anwachsen desselben tritt heftige Dyspnöe auf, bei welcher übrigens nach den Untersuchungen Pflüger's nicht weniger Kohlensäure weggeht und nicht weniger Sauerstoff eintritt als normal. Sobald auf die Dauer die erzeugte Kohlensäure nicht entfernt wird, tritt Aufstauung derselben im Körper und der Tod ein.

Die gleiche Wirkung wie eine Steigerung des Athemhindernisses bringt auch eine Steigerung der Kohlensäureproduction hervor. Alle Momente, welche eine solche bedingen, werden deshalb bei Leuten, bei denen unter gewöhnlichen Verhältnissen schon das Maximum des Ventilationseffectes geleistet wird, Dyspnöe hervorrufen.

Gesunde vermögen selbst bei sehr vermehrter Kohlensäurebildung die gesammte Kohlensäure zur Ausscheidung zu bringen durch häufigere und tiefere Athembewegungen oder häufigere Herzschläge, besonders leicht und ohne zu grosse Anstrengung, wenn jene Steigerung nicht zu lange Zeit währt. Doch wird es auch hier ein Maximum an Kohlensäure in der Zeiteinheit geben, das nicht überschritten werden darf, wenn die Kohlensäureausscheidung stundenlang ohne Beschwerden stattfinden und nicht Dyspnöe eintreten soll.

Die geringste Kohlensäurebildung findet sich bei schlafenden oder ruhenden nüchternen Menschen. Schon das Stehen oder eine ganz einfache, leichte Beschäftigung bringt eine Steigerung derselben

hervor, vor Allem aber bekanntlich die Aufnahme von Nahrung und die Muskelarbeit. Pettenkofer und Voit fanden bei einem gesunden Manne für 12 Stunden bei Hunger und Ruhe Nachts 316^g, Tags 379^g, bei reichlichem Essen und Ruhe 596^g, bei Hunger und Arbeit 930^g Kohlensäure.

Muss nun bei einem Athemhinderniss der Mensch bei Ruhe und im nüchternen Zustande schon nahezu sein Aeusserstes thun, um die Ventilation zu besorgen, dann ist es ihm unmöglich, bei grösseren Mengen der erzeugten Kohlensäure unter dem Einflusse reichlicher Nahrungsaufnahme oder körperlicher Arbeit z. B. Treppensteigen ohne Dyspnöe auszuhalten. Das Maximum der Kohlensäureausscheidung und der Sauerstoffaufnahme ist also bei Gesunden viel grösser als bei Lungenkranken, wenn man auch für gewöhnlich keinen Unterschied in der Grösse des Gasaustausches erkennt.

Bei ausgebreiteter Lungenzerstörung z. B. bei Phthysis haben jedoch die Kranken nicht selten noch einen ungewöhnlich starken Appetit; es muss also dabei, da sie nicht ansetzen, sondern ihr Körpergewicht vielmehr beständig abnimmt, eine beträchtliche Menge von Kohlensäure entfernt werden. Sie vermögen auch noch zu arbeiten, wenigstens will der von mir untersuchte Wiemann trotz weitreichender Verdichtung der rechten Lunge und Cavernensymptomen an der Spitze der linken Lunge noch im Stande sein, meilenweit zu gehen.

Ganz in dem gleichen Sinne, dass bei geringerer Athemfläche durch mancherlei compensirende Veranstaltungen doch die in Folge der unveränderten Thätigkeit der Zellen erzeugte normale Kohlensäuremenge zur Ausscheidung gelangt, sprechen auch frühere, im Laboratorium von Prof. Voit angestellte Versuche, bei denen ebenfalls eine Beeinträchtigung einzelner Factoren des Gasaustausches gegeben war, so z. B. bei der Leukämie, bei Blutentziehungen, bei Vagusdurchschneidung, bei Pneumothorax.

Bei einem an hochgradiger Leukämie leidenden Manne, bei welchem ein grosser Theil der rothen Blutkörperchen durch weisse ersetzt war, haben Pettenkofer und Voit[1]) Bestimmungen des

---

1) Diese Zeitschrift 1869 Bd. V S. 319.

Gaswechsels angestellt. Man hätte nach den früheren Anschauungen über die Bedeutung des Sauerstoffs voraussetzen sollen, dass derselbe beträchtlich weniger Sauerstoff consumirt, da die Sauerstoffträger in ihrer Zahl so sehr vermindert waren. Bei der gleichen Nahrung und bei Ruhe zeigten aber die Stoffzersetzungen des Kranken keinen Unterschied von denen eines gesunden, kräftigen Mannes; die Aufnahme des Sauerstoffs und die Production der Kohlensäure war darum auch nicht geringer als im normalen Zustande.

Es muss demnach auch hier eine Veranstaltung vorhanden sein, durch welche die geringe Zahl der rothen Blutkörperchen doch die gleiche Fracht an Sauerstoff zu führen im Stande ist, namentlich durch zahlreichere Herzschläge, wodurch die Blutkörperchen öfter an der Lunge vorübergeführt werden; aber auch dadurch, dass bei der geringeren Zahl der rothen Blutkörperchen in der gleichen Zeit jedem in den Geweben mehr Sauerstoff entzogen wird, was dann eine grössere Zufuhr von Sauerstoff zu jedem in der Lunge bedingt, vielleicht unterstützt durch häufigere und tiefere Athemzüge. Das leukämische Blut ist ebenfalls schon in der Ruhe an der Grenze der Leistungsfähigkeit angekommen; der Leukämische kann keine grössere Arbeit verrichten. Der Gesunde hat demnach auch hier eine ungleich grössere Maximalaufnahme von Sauerstoff als der Leukämiker.

Durch Blutentziehungen vermag man ebenfalls die Zahl der rothen Blutkörperchen zu vermindern. Prof. Bauer[1]) hat im Laboratorium von Prof. Voit die Kohlensäureabgabe und die Sauerstoffaufnahme vor und nach Aderlässen beim Hunde untersucht, ebenso Prof. Voit mit Rauber beim Kaninchen. Es fand sich dabei im Allgemeinen alsbald nach dem Aderlasse keine wesentliche Aenderung in dem Gasaustausche, weil die Zellen der übrigen Organe sich zu dieser Zeit auf ihrem ursprünglichen guten Ernährungszustande befinden, noch die nämliche Menge von Stoffen zum Zerfall wie vorher bringen und das gleiche Sauerstoffquantum in Beschlag nehmen. Erst nach einiger Zeit tritt secundär durch die Störung der Ernährung eine geringere Zersetzung stickstofffreier Stoffe im

1) Diese Zeitschrift 1872 Bd. VIII S. 567.

Körper und deshalb eine starke Verminderung des Gaswechsels ein. Später hat Finkler[1]) bei Blutentziehungen bis zu ein Dritttheil der gesammten Blutmenge in den nächsten Stunden ebenfalls keine Verminderung des Sauerstoffverbrauchs und wahrscheinlich auch nicht der Kohlensäurebildung wahrgenommen. Auch hier muss in der ersten Zeit wie bei der Leukämie der dem gleichbleibenden Zerfall entsprechende Sauerstoffconsum ermöglicht werden. Nach Leichtenstern's[2]) Beobachtungen sinkt nach einem Aderlasse anfangs die Athemgrösse etwas, steigt aber dann wieder an, um erst bei fortgesetzten Blutentziehungen allmählich abzusinken.

Nach Durchschneidung der Nervi vagi am Halse ist in der ersten Zeit nach der Operation trotz der grossen Aenderung im Athemrhythmus doch das geathmete Luftvolum das gleiche wie normal, indem durch grössere Tiefe der Athemzüge das eingebracht wird, was durch die geringere Frequenz verloren geht. Es ist klar, dass dabei auch keine Störung in der Ventilation zu Stande kommen kann, was auch durch die von Rauber[3]) im Laboratorium von Prof. Voit unternommenen Versuche bestätiget worden ist. Schon im Jahre 1867 hatte Bethke mit dem kleinen Respirationsapparate fünf Bestimmungen der Kohlensäure an einem Kaninchen von 964g Körpergewicht vor und nach Durchschneidung der Nervi vagi gemacht; jeder Einzelversuch währte 2 Stunden und ergab:

Datum	Kohlensäure in 1 Stunde	Abnahme des Körpergewichts	Bemerkungen
August 2.	0,995	1,15	normal
4.	1,057	0,95	normal
5.	1,046	1,25	direct nach Vagustrennung
5.	0,822	0,85	4 Stunden nach Vagustrennung
5.	0,628	0,24	6 " " "

Rauber hat an drei Kaninchen derartige Versuche, von denen jeder 2 Stunden währte, unternommen und auf 1 Stunde berechnet folgende Zahlen erhalten:

1) Pflüger's Arch. 1875 Bd. X S. 252 u. 368.
2) Diese Zeitschrift 1871 Bd. VII S. 197.
3) Sitz.-Ber. d. k. b. Akad. d. Wiss. 1868 Bd. II S. 104.

	Körper-gewicht	Kohlen-säure	Wasser	Sauer-stoff	Bemerkungen
I.	1195	1,167	—	—	normal
	1216	1,177	1,136	1,313	normal
	1221	1,314	1,777	1,091	normal
	1213	1,281	1,758	1,089	gleich nach Vagustrennung
	1161	1,174	—	—	3 Stdn. nach Vagustrennung
	1128	1,124	1,994	1,143	24 „ „ „
II.	1279	1,427	1,687	0,914	normal
	1220	1,359	1,340	1,099	normal
	1214	1,441	1,345	0,985	gleich nach Vagustrennung
	1208	1,486	—	—	8 Stdn. nach Vagustrennung
III.	907	0,975	1,083	0,658	normal, direct vor Vagustrennung
	903	0,888	0,826	0,644	gleich nach Vagustrennung
	810	0,528	—	—	24 Stdn. nach Vagustrennung, sterbend

Darnach ist also, wie vorausgesetzt, in den ersten Stunden nach der Durchschneidung der Nervi vagi der Gasaustausch nicht geändert; der letztere wird erst beeinträchtiget, wenn in Folge der Veränderungen im Lungengewebe in Bälde der Tod eintritt.

Eine sehr starke und plötzliche Verkleinerung der athmenden Fläche wird gesetzt, wenn man durch eine Oeffnung in einen Intercostalraum einen Pneumothorax hervorbringt, so dass die eine Lunge vollständig zusammenfällt. Leichtenstern hat dabei bei kräftigen Kaninchen zwar eine grössere Frequenz der Athemzüge beobachtet, aber ein geringeres Gesammtvolum der geathmeten Luft.

Rauber hat in drei Fällen vor und nach Anlegung eines Pneumothorax bei Kaninchen den Gasaustausch untersucht und für 1 Stunde nachstehende Werthe gefunden:

	Körper-gewicht	Kohlen-säure	Wasser	Sauer-stoff	Bemerkungen
I.	1262	1,196	1,013	1,009	normal
	1259	1,099	1,130	0,754	gleich nach Anlegung des Pneumothorax
II.	795	1,053	0,749	0,802	normal, direct vor Anlegung des Pneumothorax
	776	0,566	0,997	0,412	gleich nach Anlegung des Pneumothorax, Tod im Apparat nach 100 Min.
III.	1588	1,363	1,508	0,992	normal
	1584	1,518	1,247	1,065	normal, direct vor Anlegung des Pneumothorax
	1581	1,253	—	—	gleich nach Anlegung des Pneumothorax, nach 77 Min. heftige Dyspnöe
	1517	1,389	1,127	1,016	Erneuerung des Pneumothorax

Erträgt das Thier die plötzliche Ausschliessung einer Lunge, dann wird die Ventilation nur wenig verringert; sie sinkt dagegen stark ab, wenn Dyspnöe und Erstickung eintritt.

Somit ist also für die verschiedensten Fälle dargethan, dass, wenn einer der bei der Ventilation des Körpers betheiligten Factoren in seiner Wirksamkeit beeinträchtiget ist, dies keinen Einfluss auf die Erzeugung der sauerstoffhaltigen Zersetzungsproducte und deren Entfernung durch die Lunge ausübt. Der Stoffzerfall in den Geweben geschieht eben nicht direct durch den Sauerstoff, sondern ist von anderen Bedingungen in den Zellen abhängig; der Sauerstoff wird erst secundär nach Maassgabe der Zerstörung aufgenommen. Durch alle jene Störungen des Gaswechsels wird aber, bis zu einer gewissen Grenze, die stoffliche Thätigkeit der Zellen nicht verändert. Es müssen daher allerlei Einrichtungen bestehen, durch welche trotz der geringeren Leistungsfähigkeit des einen oder anderen bei der Lüftung thätigen Factors Compensationen eintreten, in Folge deren dann die zur Verbrennung der Zerfallproducte nöthige Sauerstoffmenge zugeführt und die erzeugte Kohlensäure ausgeschieden werden kann.

Die Einwirkung verunreinigten Wassers auf die Gesundheit.

Experimentelle Untersuchungen

von

Dr. **Rudolf Emmerich.**

Der Glaube, dass das Trinkwasser Ursache von Krankheiten sei, wie von Gastro-Enteritis, Dysenterie, Typhus, Cholera und von anderen, ist unter den Aerzten immer noch allgemein verbreitet. Er giebt die leitenden Gesichtspunkte ab, wenn es sich um prophylaktische Maassregeln, oder um die Bekämpfung einer schon bestehenden Epidemie handelt. Aber auch in anderen wichtigen hygienischen Fragen, wie z. B. in jener der Städtereinigung, dominirt heutzutage noch die „Trinkwassertheorie".

Bekanntlich wurden erst vor Kurzem eine Anzahl volkreicher Städte: Cöln, Posen, Stettin u. a., in der Ausführung der projectirten Canalisation gehindert, vorzugsweise deshalb, weil man durch letztere eine Verunreinigung des Flusswassers fürchtet, die zu Krankheiten Veranlassung geben könnte.

Nach den ganz objectiven Beobachtungen von v. Pettenkofer, Port, Cunningham und Lewis, Vogt u. A. ist es in hohem Grade wahrscheinlich, dass das Trinkwasser bei der Entstehung und Verbreitung von Epidemien gar keine oder eine sehr nebensächliche ätiologische Bedeutung hat.

v. Pettenkofer hat ferner durch die Kritik einer grossen Anzahl von Fällen gezeigt, dass es mit der Stringenz der Beweise, welche die ätiologische Bedeutung des Trinkwassers bei Infectionskrankheiten darthun sollen, sehr schlecht bestellt ist. Man lese

v. Pettenkofer's Abhandlungen: „Ist das Trinkwasser Ursache von Typhusepidemien?“[1]) und „Neun ätiologische und prophylaktische Sätze aus den amtlichen Berichten über die Cholera-Epidemien in Ostindien und Nordamerika“[2]). Nach den Forschungen von v. Pettenkofer, v. Buhl u. A. ist es weiterhin eine Thatsache, dass andere Umstände, ganz besonders wechselnde meteorologische Verhältnisse des mit organischen Stoffen imprägnirten Bodens der Städte, im Causalconnex mit dem Ausbruch sowohl, als auch mit der In- und Extensität von Epidemien stehen.

Wenn nun trotzdem die Trinkwassertheorie einen so schwerwiegenden Einfluss bei verschiedenen wichtigen Sanitätsreformen zu Ungunsten der letzteren ausübt, so dürfte der Versuch, die Frage nach dem Einflusse verunreinigten Trinkwassers auf die Gesundheit experimentell zu prüfen, als zeitgemäss und gerechtfertigt erscheinen.

Ich beabsichtigte zunächst durch Experimente an Thieren zu entscheiden, welche Einwirkung ein durch faulende organische Stoffe notorisch stark verunreinigtes Wasser, wie z. B. Canalwasser, auf den gesunden thierischen Organismus ausübt. Da aber das auf seine Wirkungen zu untersuchende Wasser den Versuchsthieren theils in den Magen, theils (und zwar in den häufigsten Fällen) in das subcutane Bindegewebe injicirt wurde, so war es vor Allem nothwendig, festzustellen, welchen Effect reines destillirtes Wasser und andererseits reines Trinkwasser mit einem bestimmten Gehalt an Salzen, in verschiedenen Quantitäten subcutan injicirt, im thierischen Organismus hervorbringt. In dieser Hinsicht wurden schon früher Beobachtungen, und zwar hauptsächlich bei experimentellen Untersuchungen über die Ursache der Urämie, gemacht.

I. Subcutane Injection von destillirtem Wasser.

Einige haben behauptet, dass schon die Injection von destillirtem Wasser unter die Haut eine Temperaturerhöhung hervorbringe. E. Bergmann[3]) fand, dass Injectionen grosser Mengen von destillirtem Wasser „Fieberbewegungen zur Folge haben können,

1) Diese Zeitschrift Bd. X S. 439—526.

2) Deutsche Vierteljahrsschrift f. öffentl. Gesundheitspflege S. 177—224.

3) E. Bergmann: Petersburger medicin. Zeitschrift Bd. XV Hft. 7 u. 8.

welche denen nach Injection von faulenden Flüssigkeiten und Eiter vollständig gleichen". Diese Temperaturalteration wird nun nach Bergmann nicht durch das Wasser an sich hervorgebracht, sondern dieselbe ist eine Folge der Irritation der Gewebe, wodurch Producte erzeugt werden, die den entzündlichen ähnlich sind und pyrogene Wirkungen haben. In neuerer Zeit hat P. Levitzky[1]) Untersuchungen über diese Frage angestellt. „Es ergab sich, wenn das Wasser den Thieren allmählich in geringen Mengen unter die Haut eingespritzt wurde, keine Temperaturerhöhung, selbst wenn gleichzeitig an drei Stellen injicirt wurde. Wurde aber im Gegentheil dieselbe Menge Wasser nur an einer Stelle mit einiger Kraft injicirt, so stieg die Temperatur des Thieres, obgleich unbedeutend." Den Grund dieser geringen Temperaturerhöhung findet Levitzky lediglich in der durch den localen Eingriff erzeugten, entsprechenden localen Entzündung. Leider sind keine Angaben, weder über die Menge des injicirten Wassers, noch über den Grad der Temperaturerhöhung bei subcutaner Injection, gemacht. Die Unterbindung der Vena jugularis hatte bei Kaninchen eine Temperaturzunahme von 0,7° C. zur Folge. Genau dieselbe Temperaturerhöhung brachte die Injection von Wasser in die Vena jugularis hervor. Levitzky schliesst daraus, „dass die Temperatur des Kaninchenkörpers durch Einspritzung von Wasser nicht erhöht werde".

Dieser Satz findet in unseren eigenen Versuchen eine weitere Bestätigung.

1. Einem 1120^{g} schweren Kaninchen wurden Morgens 9½ Uhr 200^{ccm} destillirtes Wasser, welches vor dem Versuch ½ Stunde lang gekocht worden war, durch dreimaliges Einstechen der Nadel an verschiedenen Stellen des Rückens langsam subcutan injicirt.

Temperatur vor dem Versuch	9¼	Uhr	40,0° C.
„ Vormittags	10½	„	38,4° C.

Das aus dem Mastdarm gezogene Thermometer ist mit blutigem Schleime bedeckt.

1) P. Levitzky, Zur Frage über die Substanzen, welche die Temperatur des thierischen Körpers erhöhen. Centralblatt für die medicin. Wissenschaften. 11. Jahrg. 1873 S. 723.

Temperatur Nachmittags 2½ Uhr 38,0° C.

Das Thier liegt auf dem Bauche und ist nicht im Stande sich fortzubewegen. Reichliche Absonderung von blutrothem Harn (Hämaturie).

Temperatur Nachmittags 3½ Uhr 38,7° C.

Das Kaninchen hat sich wieder einigermassen erholt, frisst aber nicht.

Temperatur	Abends	5½	Uhr	38,9° C.
„	Nachts	10	„	37,9° C.
„	„	11	„	35,0° C.

Als ich das Thier Nachts 12 Uhr sah, lag dasselbe auf dem Bauche, die Extremitäten schlaff vom Körper weggestreckt; auf den Rücken gelegt, verändert es seine Stellung nicht. Convulsionen treten weder spontan noch beim Klopfen auf die Wirbelsäule, auch nicht auf andere äussere Reize ein. Um 1½ Uhr Früh fand ich das Thier todt. Todtenstarre war noch nicht eingetreten.

Sectionsbefund: Diploë, Gehirnhäute und Gehirnsubstanz blutleer. In der Brusthöhle circa 2 ccm blutige Flüssigkeit. Aus der Schnittfläche der Lungen fliesst viel Blut. Herz schlaff, flüssiges Blut enthaltend. Im subcutanen Bindegewebe der Bauchdecken ein weit verbreiteter Erguss von blutiger Flüssigkeit. Leber blutreich. In der Gallenblase wenig dunkel gefärbte Galle. Zahlreiche Ecchymosen unter der Capsula renalis. Die Harnblase mit blutrothem Harn gefüllt. Magen durch Speisereste stark ausgedehnt. Galliger Schleim in der oberen Hälfte des Dünndarms. Darmschleimhaut nicht geröthet; weder Schwellung der Peyer'schen Platten, noch Gefässinjection in ihrer Umgebung. An einer Stelle des Dünndarms und im unteren Drittel des Mastdarms einzelne Ecchymosen.

2. Einem 996 g schweren Kaninchen wurden 60 ccm destillirtes Wasser durch zweimaliges Einstechen der Nadel an zwei verschiedenen Stellen des Rückens subcutan injicirt. Kurz nach der Injection ist das Thier etwas unruhig. Dasselbe frisst später von dem vorgeworfenen Futter. Die Temperatur steigt 2 Stunden nach der

Operation um 0,4 — 0,6° C., kehrt aber nach 1 — 2 Stunden wieder zur Norm zurück. Das Thier bleibt gesund.

II. Subcutane Injection von reinem Trinkwasser (Thalkirchner Leitung).

Das zum Versuch verwendete Wasser enthält:

Milligramm pro Liter

Rückstand	In Wasser löslicher Theil	Kalk	Kohlensäure	Chlor	Salpetersäure	Organische Stoffe
255	40,0	88,8	82,0	0,7	Spur	1,0

1. Von diesem Wasser wurden einem 915 g schweren Kaninchen 210 ccm, nachdem dieselben auf 39,0° C. erwärmt worden waren, um 10¾ Uhr Vormittags in gleicher Weise wie dem vorigen Versuchsthier subcutan injicirt.

Temperatur Vormittags 10½ Uhr 39,9° C.
" " 11¼ " 38,9° C.
" Nachmittags 2 " 37,8° C.

Das Thier liegt auf dem Bauche und ist nicht im Stande zu gehen. Respiration beschleunigt, Pupillen erweitert.

Temperatur Nachmittags 4 Uhr 36,9° C.

Das Kaninchen liegt auf dem Bauche, Extremitäten ausgestreckt, aber nicht krampfhaft. Wenn man das Thier auf die Seite und dann langsam auf den Rücken legt, so bleibt es in dieser Stellung liegen. Pupillen erweitert. Keine Convulsionen.

Temperatur Abends 4½ Uhr 35,0° C.

Hämaturie. Respiration oberflächlich und beschleunigt. Um 4 Uhr 45 Min. ein einmaliger 3 — 5 Sec. dauernder Anfall von clonischen Krämpfen der Extremitäten (Laufbewegungen) bei Seitenlage; dieselben enden in ca. 5 Sec. anhaltende Streckkrämpfe der hinteren Extremitäten. Um 5 Uhr abermals ein ca. 5 Sec. dauernder Paroxismus von Convulsionen, endend in gleich lang anhaltende Streckkrämpfe und Opisthotonus. Stillstand der Respiration während des Tetanus und Beschleunigung derselben nach letzterem. Während der Convulsionen stets Entleerung von blutrothem Harn. Die Tempe-

ratur ist auf 33,6° C. gesunken. Durch äussere Reize können Convulsionen nicht hervorgerufen werden. 5 Uhr 15 Min. Stillstand der Respiration während 5 Sec.; langsam beginnend und allmählich schneller werdend, hört dieselbe um 5 Uhr 20 Min. auf; Tod ohne Convulsionen. (Im Ganzen also nur zwei und sehr kurz dauernde convulsivische Paroxismen, welche mit Streckkrämpfen der hinteren Extremitäten, einmal auch mit Opisthotonus enden.)

Die sofort vorgenommene Section ergab:

Bedeutende Blutleere in den Gefässen der Gehirnhäute und des Gehirns. Starker Erguss von röthlich gefärbter Flüssigkeit in das subcutane Gewebe der Bauchdecken. Dichtgedrängte punktförmige Hämorrhagieen über der Fascie der Bauchmuskeln an zwei thalergrossen Stellen. Lunge blassroth. Herz schlaff, mit flüssigem Blut mässig gefüllt. Leber blutreich, Galle dunkel. Milz dunkelbläulich. Unter der Nierenkapsel zahlreiche Ecchymosen, punktförmige Hämorrhagieen in der Nierensubstanz. Nieren blutreich. Harnblase mit stark blutig gefärbtem Harn gefüllt. Im Magen wasserreiche Speisereste. Im Dünndarm viel gallige Flüssigkeit. Darmschleimhaut blass, nirgends injicirt. Peyer'sche Platten nicht geschwellt. Injection in ihrer Umgebung nicht vorhanden.

2. Einem 1590 g schweren Kaninchen wurden Morgens 9 Uhr 60 ccm Wasser aus der Thalkirchner Leitung, nachdem dasselbe auf 39,0° C. erwärmt worden war, an einer Stelle des Rückens subcutan injicirt.

Kurz nach der Einspritzung ist das Thier etwas unruhig, lässt in der Folge keine Störungen des Befindens erkennen.

Temperatur	vor dem	Versuch		39,9° C.
„	Morgens	10	Uhr	39,6° C.
„	Vormittags	11	„	40,7° C.
„	Mittags	12	„	40,4° C.
„	Nachmittags	1	„	39,9° C.
„	„	2	„	40,0° C.
„	„	3	„	39,9° C.
„	„	4	„	40,0° C.
„	Abends	5	„	39,8° C.

Temperatur	Abends	6	Uhr	39,9° C.
„	Nachts	10	„	39,8° C.
„	„	12	„	39,8° C.
„	Morgens	7	„	39,9° C.
„	Nachmittags	2	„	40,0° C.

Die Körpertemperatur bleibt im Verlauf der nächsten Tage normal, das Thier gesund. Dieser Versuch wurde zwei Tage nachher an demselben Thier mit 70 ccm Thalkirchner Wasser wiederholt. Das Maximum der Temperatursteigerung war 0,6° C. Ausserdem wurden 40 ccm Thalkirchner Leitungswasser einem 760 g schweren Kaninchen unter die Rückenhaut eingespritzt; auch dieses Thier blieb gesund.

Man kann also einem 760—1500 g schweren Kaninchen 40 bis 70 ccm reines Trinkwasser subcutan injiciren, ohne die Gesundheit des Thieres in merkbarer Weise zu alteriren.

III. Subcutane Injection von Canalwasser.

Zum Ausgangspunkt der Experimente mit verunreinigtem Wasser wählte ich das Canalwasser, weil man bestimmt weiss und jederzeit beobachten kann, dass demselben faulende organische Stoffe zugeleitet werden, was bei einem beliebigen Brunnenwasser mit Bestimmtheit schwer nachzuweisen ist. Denn einerseits können wir kaum controliren, welche Veränderungen die versickernden organischen Abfallstoffe im Boden erleiden, bevor dieselben in das Brunnenwasser gelangen, andererseits können faulende organische Stoffe durch die chemische Analyse im Brunnenwasser in exacter Weise nicht nachgewiesen werden.

Bezüglich der chemischen Analyse sei bemerkt, dass der Gehalt der durch Chamäleon bestimmten organischen Substanz im Canalwasser auffallend hoch ist und die Menge des Rückstandes meistens übersteigt. Diese Thatsache erklärt sich daraus, dass die Zahl 5, mit welcher die Menge der verbrauchten Chamäleonlösung multiplicirt wird, eine empirische, mehr oder weniger willkürliche ist. Das Canalwasser enthält eben organische Stoffe, welche ungewöhnlich viel Sauerstoff verbrauchen und welche zum Theil auch bei

der Eindampftemperatur flüchtig sind und deshalb nicht in den Abdampfrückstand übergehen.

Die Menge des Chlors haben wir ebenfalls bestimmt, weil dieselbe proportional der Verunreinigung durch excrementielle Stoffe steigt und daher einen Schluss auf den Grad der Verunreinigung des Wassers durch solche Substanzen gestattet.

Das Canalwasser wurde an der Mündung des Sammelcanals der Münchener Siele und Canäle in den Schwabingerbach (unterhalb der Veterinärschule) geschöpft. Dasselbe wurde immer sofort, nachdem es dem Canal entnommen und auf 38—39° C. erwärmt worden war, zum Experiment verwendet.

1. Morgens 11 Uhr wurden einem jungen Kaninchen von 608 g Körpergewicht 12 ccm Canalwasser in das subcutane Bindegewebe des Rückens injicirt. Das Canalwasser enthielt:

Milligramm pro Liter

Rückstand	Chlor	Organische Stoffe
496,3	39,0	795,4

Starke Ammoniakreaction. Im Verlauf der ersten Stunde nach der Injection sitzt das Thier niedergeschlagen in einer Ecke des Kastens. Um 2 Uhr frisst dasselbe eine geringe Quantität Grünfutter und kriecht, ins Freie gebracht, langsam umher. Abends 7 Uhr schien das Kaninchen vollkommen wohl zu sein. Am Morgen des folgenden Tages Früh 7 Uhr fand ich dasselbe auf der Seite liegend in Convulsionen, die so heftig sind, dass das Thier dadurch etwas in die Höhe und um seine Achse herumgeworfen wird. Die Vorderbeine geriethen dann in Tetanus, der sich verallgemeinerte. Respiration und Puls verlangsamt, die Körpertemperatur gesunken. Pupillen verengt. Nach kurz dauernden freien Intervallen, während welcher das Thier regungslos in somnolentem Zustande daliegt, treten immer heftiger werdende Paroxismen von clonischen und tonischen Krämpfen ein, bis das Thier um 8 ½ Uhr im Opisthotonus verendet.

Die alsbald vorgenommene Section ergab:

Hyperämie der Meningen und der Gehirnsubstanz. Die Injectionsstiche waren nicht mehr aufzufinden. Einzelne subpleurale Ecchymosen auf der rechten Lunge. Der linke Ventrikel leer, das

rechte Herz strotzend mit schwarzrothem Blut gefüllt. In der Bauchhöhle ca. 25 ccm seröse Flüssigkeit. Leber blutreich. Milz dunkel gefärbt. Die Nieren hyperämisch. Der Magen theilweise mit Futterresten gefüllt, die Schleimhaut besonders in der Pylorusgegend leicht geröthet, mit einem weissen Schleimüberzug versehen, der sich in continuo abheben lässt. Die Schleimhaut des Dünndarms injicirt, stellenweise ecchymosirt. Die Peyer'schen Drüsenhaufen deutlich geschwellt, in ihrer Umgebung und auf ihrer Oberfläche capilläre Injectionsröthe. Schwellung der Mucosa des Processus vermifornis. Leichte Injection der Schleimhaut des Dickdarms. Dünndarm mit zähem, weisslichem, stellenweise flockig getrübtem Schleime gefüllt. Weicher Koth im Dickdarm.

2. Einem jungen 580 g schweren Kaninchen wurden 7 ccm Canalwasser Nachmittags 3 Uhr subcutan injicirt. Das Wasser hatte folgende Concentration:

Milligramm pro Liter		
Rückstand	Chlor	Organische Stoffe
640,0	74,5	1258,5

Temperatur	Nachmittags	3	Uhr	39,2° C.
„	Abends	9	„	38,5° C.
„	Morgens	8	„	37,0° C.
„	„	9	„	35,5° C.

Als ich das Thier um 5 Uhr Abends sah, lag dasselbe mit ausgestreckten Pfoten auf dem Bauche, war niedergeschlagen, ziemlich gleichgiltig gegen äussere Reize und liess sich in Folge grosser Mattigkeit leicht nach der Seite hin umwerfen. Dasselbe beschnuffelte zwar das vorgeworfene Grünfutter, frass aber nichts davon. Um 8 Uhr des nächsten Morgens fand ich das Kaninchen auf dem Bauche liegend, sehr schwach und zitternd. Auf die Seite gelegt ist dasselbe kaum im Stande sich aufzurichten. Um 8½ Uhr liegt das Thier auf der Seite in heftigen Convulsionen (Schlegel- und Laufbewegungen), welche von tonischen Krämpfen unterbrochen werden und mit kurzen Intervallen bis zum Tode andauern. Pupillen verengt, Respiration und Puls verlangsamt. Um 9½ Uhr Tod.

Die Section wurde sofort vorgenommen.

Hyperämie des Gehirns und seiner Häute. Subendocardiale Ecchymosen im linken Ventrikel. Leber blutreich. Milz dunkel. Partielle Injection der Darmmucosa. Im unteren Drittel des Dünndarms eine pfennigstückgrosse Stelle mit zahlreichen Ecchymosen. Schwellung der Peyer'schen Plaques und kranzförmige Injection in ihrer Umgebung. Weicher Koth im Dickdarm.

Ich unterlasse es, weitere detaillirte Krankheitsberichte und Sectionsergebnisse anzuführen, da dieselben bei den übrigen Versuchen niemals im Princip, sondern nur der Intensität nach differirten, und stelle hier die Mengen des injicirten Canalwassers, den Gehalt desselben an einzelnen Bestandtheilen, das Körpergewicht und die Temperaturen der Versuchsthiere tabellarisch zusammen. Aus dieser Tabelle lässt sich leicht ein Urtheil gewinnen, in welcher Weise diese verschiedenen Factoren die Intensität der Pyrexie beeinflussen und bestimmen.

Gewicht der Thiere und Dosis des injicirten Canalwassers.

Nr. der Thiere . . .	1	2	3	4	5
Gewicht des Thieres in g	550	825	750	855	1590
Dosis des injicirten Canalwassers in ccm . . .	6	20	40	40	60

Beschaffenheit des Canalwassers.

Milligramm pro Liter.

Nr. der Thiere	Rückstand	Chlor	Organische Stoffe
1	538,0	35,5	1173,0
2	492,0	56,0	1290,0
3	535,5	39,0	1141,1
4	524,2	35,5	877,7
5	502,0	35,5	965,5

Körpertemperatur zu verschiedenen Zeiten nach der Injection. (° nach Celsius.)

1		2		3		4		5	
Zeit	Temperatur	Zeit	Temperatur	Zeit	Temperatur	Zeit	Temperatur	Zeit	Temperatur
10 U. 30 M. Vorm.	38,5	4 U. 30 M. Abends	39,2	9 U. 30 M. Morgens	39,5	10 U. 30 M. Vorm.	39,9	10 U. Morgs.	40,0
12 U. 30 M. Nachm.	41,0	5 U. Abends	39,6	10 U. 30 M. Vorm.	38,8	11 U. Vorm.	40,0	11 U. Vorm.	40,6
1 U. 15 M. Nachm.	40,5	5 U. 45 M. Abends	40,6	11 U. 15 M. Vorm.	38,5	1 U. Nachm.	40,9	1 U. Nachm.	40,8
3 U. Nachm.	40,5	6 U. 30 M. Abends	41,5	1 U. 15 M. Nachm.	39,0	2 U. „	40,9	2 U. „	40,5
5 U. Abends	40,0	7 U. Abends	40,7	2 U. 30 M. Nachm.	39,7	3 U. „	40,2	3 U. „	40,1
9 U. 15 M. Nachts	40,8	7 U. Morgs.	41,3	3 U. 20 M. Nachm.	40,5	4 U. 30 M. Abends	39,2	4 U. „	39,9
1 U. Früh	41,0	9 U. „	40,3	4 U. 30 M. Abends	40,7	5 U. 30 M. Abends	39,2	6 U. Abends	40,3
6 U. Morgs.	38,6	10 U. „	41,2	5 U. 30 M. Abends	40,8	7 U. Abends	39,2	7 U. „	41,0
7 U. Abends	todt	1 U. 30 M. Nachm	41,3	6 U. 30 M. Abends	41,0	8 U. „	39,3	11 U. Nachts	41,6
		3 U. 30 M. Nachm.	40,8	8 U. 30 M. Nachts	40,0	10 U. 30 M. Nachts	37,7	4 U. Morgs.	41,0
		4 U. 30 M. Abends	41,3	10 U. 30 M. Nachts	todt	11 U. Nachts	36,5	Zwischen 6 u. 7 U. Mrgs.	todt
		Nachts	todt			11 U. 30 M. Nachts	todt		
Maximal-differenz	2,5		2,3		1,5		1,0		1,6

In der dritten Tabelle steht oben an die Körpertemperatur des Thieres vor dem Versuch.

Das Kaninchen Nr. 5 ist dasjenige, welchem einige Tage vorher 60 ccm Thalkirchner Wasser ohne Schaden für Leben und Gesundheit injicirt worden waren. Die gleiche Menge Canalwasser, welches aber in Folge reichlichen Regens stark verdünnt war, bewirkte eine hohe und lang dauernde Pyrexie und hatte den Tod nach 20 Stunden zur Folge. Die Temperatur von 4 Uhr Morgens deutet den Collaps an. In ausgeprägter Weise zeigt Nr. 4 die Collaps-Temperaturen. Der Grad der Pyrexie schwankt bei den verschiedenen Thieren zwischen 1,0 und 2,5. Der Tod trat bei dem ersten Versuchsthier nach 8½ Stunden, bei dem zweiten nach 24—30, bei dem dritten nach 13, bei dem fünften nach 20—21 Stunden ein.

Die Höhe und die Dauer des Fiebers scheint wesentlich abhängig zu sein von der grösseren oder geringeren Oxydationsfähigkeit der organischen Stoffe im Canalwasser, von der Menge des verbrauchten Chamäleons. In den obigen fünf Fällen spricht sich dies deutlich aus. Die Zahl unserer Versuche ist aber zu gering, um diesen Satz als Thatsache proclamiren zu können. Wie auch Tiemann hervorhebt, ist es noch sehr fraglich, „ob die stärkere oder geringere Oxydirbarkeit des Wassers in irgend einem nachweisbaren Zusammenhang mit der mehr oder weniger schädlichen Wirkung desselben steht, ob also die Bestimmung der Oxydirbarkeit einen wichtigen Factor für die Beurtheilung der Beschaffenheit des Wassers abgeben kann“ [1]). Die Fortsetzung der obigen Versuche wäre daher angezeigt, um diese wichtige Frage zur Entscheidung zu bringen. Wir werden weiter unten noch einmal auf dieselbe zurückkommen.

IV. Versuche mit gekochtem Canalwasser.

Etwa 200 ccm der gut filtrirten Canalflüssigkeit wurden in einem Kolben, der mit einem luftdicht schliessenden, von einer dünnen Glasröhre durchbohrten Korke versehen war, in kochendes Wasser ½—1 Stunde lang eingesenkt. Wenn die Flüssigkeit bis zu 38° C.

---

1) Kubel-Tiemann, Anleitung zur Untersuchung von Wasser. Braunschweig 1874. S. 99.

wiederum erkaltet war, wurde dieselbe zum Versuch verwendet. Das Resultat zeigt die folgende Tabelle.

Gewicht der Thiere und Dosis des injicirten Canalwassers.

Nr. der Thiere . . .	1	2	3	4	5
Gewicht des Thieres in g	740	760	760	805	1168
Dosis des injicirten Canalwassers in ccm . . .	14	14	24	50	170

Beschaffenheit des Canalwassers. Milligramm pro Liter.

Nr. der Thiere	Rückstand	Chlor	Organische Stoffe
1	538,0	35,0	1173,0
2	431,2	39,0	1181,6
3	438,6	35,0	908,0
4	492,0	56,0	1290,0
5	410,0	24,0	487,6

(Dritte Tabelle siehe umstehend.)

Die Kaninchen 1, 2 und 3 erkrankten nur unbedeutend und erholten sich bald wieder. Nur Nr. 1 zeigte zwischen 1 und 6 Uhr keine Fresslust, die anderen nahmen Nahrung zu sich. Von besonderem Interesse ist die Temperaturcurve des 5. Versuchsthieres. Während sich bei endermatischer Application gleich grosser Mengen destillirten Wassers oder reinen Trinkwassers alsbald Collaps und ein stetiges Sinken der Temperatur einstellt, trat hier ein beträchtliches Fieber auf; trotzdem starb das Thier erst nach 48 Stunden. Der Tod trat nach vorausgegangenen heftigen clonischen und tonischen Krämpfen ein. Respiration und Puls verlangsamten sich gegen das Ende. Die Pupillen waren verengt und reactionslos. Nach jedem Paroxismus von Convulsionen lag das Thier mit stark nach rückwärts gebeugtem Nacken da.

Die Section zeigte Schwellung der Peyer'schen Plaques und an manchen Stellen des Darms war Injectionsröthe vorhanden. Weicher, nicht geformter Koth im Dickdarm.

Körpertemperatur zu verschiedenen Stunden nach der Injection. (° nach Celsius.)

1		2		3		4		5	
Zeit	Temperatur	Zeit	Temperatur	Zeit	Temperatur	Zeit	Temperatur	Zeit	Temperatur
10 U. 30 M. Vorm.	38,8	10 U. 15 M. Vorm.	39,3	11 U. Vorm.	38,6	4 U. 30 M. Abends	39,0	10 U. 30 M. Vorm.	39,3
12 U. 15 M. Nachm.	39,0	10 U. 45 M. Vorm.	39,3	12 U. Mittag	39,0	5 U. Abends	39,3	11 U. 30 M. Vorm.	39,0
1 U. 15 M. Nachm.	40,9	12 U. Mittag	40,0	3 U. Nachm.	39,2	5 U. 45 M. Abends	38,8	1 U. Nachm.	40,9
3 U. Nachm.	40,4	1 U. 30 M. Nachm.	40,2	5 U. Abends	40,2	6 U. 30 M. Abends	38,5	5 U. 30 M. Abends	39,3
5 U. Abends	39,5	2 U. 30 M. Nachm.	40,4	6 U. „	39,8	7 U. Abends	39,0	6 U. 30 M. Abends	39,0
9 U. Nachts	40,2	4 U. 45 M. Abends	39,5	8 U. „	39,5	7 U. Morgs.	40,3	9 U. Nachts	40,0
1 U. „	39,0	9 U. Nachts	40,0	7 U. Morgs.	38,9	8 U. 45 M. Morgens	40,3	12 U. „	41,0
6 U. Morgs.	39,0	12 U. 30 M. Nachts	40,0	12 U. Mittag	39,0	10 U. Morgs.	39,3	7 U. Morgs.	40,0
8 U. „	39,1	8 U. 30 M. Morgens	38,8	4 U. Nachm.	38,8	1 U. 30 M. Nachm.	39,3	7 U. Abends	40,6
Das Thier bleibt gesund		10 U. 45 M. Vorm.	39,2	8 U. Morgs.	38,7	4 U. 30 M. Abends	39,5	9 U. Morgs.	35,0
		5 U. Abends	39,0	Das Thier bleibt gesund		6 U. Abends	39,2	9 U. 30 M. Morgens	todt
		Das Thier bleibt gesund							
Maximal-differenz	2,1		1,1		1,6		1,3		1,7

V. Versuche mit dem wässerigen Extract des Canalwasserrückstandes.

Die Canalflüssigkeit wurde im Wasserbade abgedampft und der Rückstand mit 100 ccm heissem destillirten Wasser aufgenommen. Gleich nach dem Erkalten auf 39,0° C. wurde die Lösung zum Experiment verwendet. Dieselbe war stets stark gelb gefärbt. (Die Gelbfärbung ist die gleiche wie jene, welche in 100 ccm Wasser mit einem Ammoniakgehalt von 0,005 mg auf Zusatz von Quecksilberkaliumjodidlösung auftritt.) Es wurden nur zwei Versuche angestellt. Im ersten Versuch wurde das wässerige Extract vom Rückstand aus 500 ccm, im zweiten von 600 ccm Canalwasser verwendet.

1. Von dem folgendermassen beschaffenen Canalwasser wurde in eben besagter Weise ein wässeriges Extract bereitet:

Milligramm pro Liter		
Rückstand	Chlor	Organische Stoffe
524,2	35,5	877,7

Der Rückstand von 100 ccm des Extractes = 104,4 mg.

Einem 760 g schweren Kaninchen wurden von diesem Extract 40 ccm, welche 41,7 mg gelöste Stoffe enthielten, subcutan injicirt.

Temperatur kurz vor dem Versuch	8 Uhr	45 Min.	39,7° C.
„ Morgens	9 „	15 „	37,7° C.

Das Thier ist von heftigem Schauern befallen, sitzt zusammengekauert, zitternd im Korbe, reibt dann mit der Schnauze die Hinterbeine und die Injectionsstelle, bis ein erneuter Schüttelfrost eintritt, nach dessen Aufhören es dieselben Manipulationen fortsetzt.

Temperatur Morgens 9 Uhr 30 Min. 38,1° C.

Das Kaninchen zittert zeitweise immer noch und scheint sehr unwohl zu sein.

Temperatur	Vormittags	10 Uhr	30 Min.	38,4° C.
„	„	11 „	30 „	38,8° C.
„	Nachmittags	12 „	30 „	39,0° C.
„	„	1 „	30 „	39,1° C.
„	„	3 „	30 „	39,3° C.

Das Thier beschnuffelt die vorgeworfenen Kohlblätter, frisst aber nichts davon.

Temperatur	Abends	4 Uhr	30 Min.	39,3° C.
„	„	5 „	30 „	38,8° C.

Das Thier ist sehr schwach, lässt sich leicht auf die Seite werfen und hat Mühe sich wieder aufzurichten. Um 6½ Uhr liegt das Thier auf der Seite, es treten Convulsionen (Luftbewegungen) auf, die so heftig sind, dass das Kaninchen wie die Zeiger einer Uhr im Kreise herumgeworfen wird und eine ⅔ Rotation ausführt. Die Convulsionen enden mit intensivem Opisthotonus, in Folge dessen die Ohren fest auf dem Rücken aufliegen, ohne dass clonischer Krampf der Hinterfüsse auftritt.

Ein freier Intervall tritt nicht ein. Wenn die Convulsionen aufhören, dauern die clonischen Krämpfe der Nacken- und Rückenmuskeln fort. Die Convulsionen können schon durch schwaches Klopfen auf den Rücken oder sonstige Berührung jederzeit hervorgerufen werden.

Respiration und Puls verlangsamt. Um 6 Uhr 45 Min. Convulsionen der Hinterbeine, Streckkrämpfe der Vorderbeine. Pupillen verengt. Temperatur 35,7° C. 6 Uhr 47 Min. Das Thier liegt ruhig da. 6 Uhr 48 Min. Schwache Zuckungen der Vorderbeine in Streckkrämpfe derselben endend. 6 Uhr 50 Min. Der Kopf wird krampfhaft nach vorwärts, die Vorder- und Hinterbeine nach rückwärts gestreckt, die Wirbelsäule beschreibt einen nach hinten convexen Bogen; während dieses Vorganges stösst das Thier, wohl in Folge von Krampf der Exspirationsmuskeln, einen grellen, langgezogenen Schrei aus. Auf die krampfhafte Vorwärtsbeugung folgt allmählich Opisthotonus. Noch einzelne Athemzüge und die Respiration steht um 6 Uhr 53 Min. still. Das Herz schlägt noch, doch allmählich immer schwächer; 10 Sec. nach dem Aufhören der Respiration ist der Herzschlag nicht mehr zu fühlen. Die Todtenstarre ist nach 2 Min. schon sehr ausgeprägt vorhanden.

Sectionsbefund: An der der Injectionsstelle entsprechenden Seite der Bauchdecken ein serös-blutiger Erguss in das Gewebe. Starke Blutfüllung in den Diploëgefässen. Gehirnhäute sehr hyperämisch. Gehirn auf dem Durchschnitte zahlreiche Blutpunkte zeigend. Graue Substanz dunkel gefärbt. Lungen sehr blutreich. Herz mit flüssigem, sehr dunklem Blute mässig gefüllt. Im linken Ventrikel zwei stecknadelkopfgrosse subendocardiale Ecchymosen. Leber blutreich, wenig Galle in der Gallenblase. Milz dunkel, Nieren blut-

reich. Wenig bernsteinfarbener Harn in der Harnblase. Magen an der Pylorusgegend schwach geröthet. Sehr deutlich ist die Darmaffection, besonders die Schwellung der Peyer'schen Plaques und die Injection ihrer Gefässe. Im blinden Ende des Processus vermiformis befinden sich auf einer markstückgrossen Stelle massenhafte, dichtgedrängte Ecchymosen.

Injection und einzelne punktförmige Extravasate an verschiedenen Stellen des Dünndarms. Leichte Injection im Dickdarm. Ersterer mit galligem Schleim, letzterer mit weichen, wasserreichen Kothmassen gefüllt, keine Scybala.

2. Die Beschaffenheit des Canalwassers, aus welchem das Wasserextract zum zweiten Versuche hergestellt wurde, ist folgende:

Milligramm pro Liter		
Rückstand	Chlor	Organische Stoffe
640,0	74,5	1258,5

Die zum Abdampfen verwendeten 600 ccm gaben 297,8 mg Rückstand. Davon lösten sich in 100 ccm destillirtem Wasser 141,2 mg. Hiervon wurden einem 605 g schweren Kaninchen 6 ccm, somit nur 8,4 mg gelöste Stoffe Morgens 10 Uhr subcutan injicirt.

Temperatur vor dem Versuch um	9 Uhr			37,8° C.
„ Vormittags	10 „			37,7° C.
„ „	10 „	30 Min.		35,6° C.
„ „	11 „	30 „		35,5° C.
„ „	12 „			35,4° C.

Das Thier zeigt Erscheinungen schwerer Erkrankung, starker Frostschauer, der Gang ist unsicher, die hinteren Extremitäten werden mühsam nachgeschleppt. Um 12½ Uhr liegt das Kaninchen mit ausgestreckten Hinterpfoten auf dem Bauche, Locomotion unmöglich.

Temperatur Nachmittags 1 Uhr 34,2° C.

Das Thier liegt auf der Seite. Heftige, länger dauernde Paroxismen von clonischen (Laufbewegungen) und tonischen Krämpfen wechseln mit kurz dauernden freien Intervallen. Die Convulsionen dauern bis gegen 2 Uhr, zu welcher Zeit die Körpertemperatur auf 31,8° C. gesunken war. Das Thier verendet um 2 Uhr im Opisthotonus.

Die pathologisch-anatomischen Veränderungen waren mit Ausnahme der Hyperämie der Meningen und des Gehirns nicht charakteristisch.

VI. Ueber die Ursache der Krankheitserscheinungen und des Todes bei subcutaner Injection von Canalwasser.

Fassen wir das Ergebniss der vorliegenden Experimente zusammen, so stellt sich mit Bestimmtheit heraus: dass das subcutan eingespritzte, vorher filtrirte Canalwasser genau dieselbe pathognomonische Symptomengruppe und diejenigen pathologisch-anatomischen Veränderungen im Organismus hervorbringt, welche bei Versuchen mit putriden Flüssigkeiten, mit wässerigen Aufgüssen von faulenden animalischen und vegetabilischen Geweben beobachtet werden.

Als constante Symptome sind zu bezeichnen: Frostschauer, Apathie, Appetitlosigkeit, Nahrungsverweigerung, Abgang von weichem, wurstförmigem Koth, hyenoider Gang (Parese der hinteren Extremitäten), grosse Mattigkeit, lang andauernde, heftige clonische und tonische Krämpfe, Verengerung der Pupillen gegen das Ende. Pathologisch-anatomisch waren constant: die Hyperämie der Meningen und des Gehirns, der starke Blutgehalt der inneren Organe, die Injection der Darmmucosa, punktförmige Hämorrhagieen auf derselben, subpleurale und subendocardiale Ecchymosen, dunkle Verfärbung der Milz. Häufig fand sich auch eine mehr oder weniger ausgedehnte Phlegmone an den Bauchdecken.

Die Wirkung des Canalwassers ist um so intensiver, je geringer das Gewicht und das Alter der Thiere und je grösser der Gehalt des Wassers an organischen Stoffen ist, welche Chamäleonlösung reduciren.

Ob der toxische Stoff ein gelöster oder suspendirter organischer, oder aber ein organisirter Körper ist, steht noch in Frage. Die bis jetzt vorliegenden Versuche machen das Letztere unwahrscheinlich. Sanderson hat durch Versuche „über den Einfluss der Filtration durch Thoncylinder auf die Vernichtung der Virulenz putrider Flüssigkeiten“ gefunden, „dass, wenn der Körper, welchem eine putride Infusion ihre giftige Wirkung verdankt, im Wasser völlig

löslich ist, dies nur in dem Sinne möglich ist, dass der Körper unfähig ist, Thoncylinder zu durchdringen".

Der Antheil der Schizomyceten an der putriden Intoxication ist ebenfalls noch sehr problematisch; insbesondere ist noch zu entscheiden, ob dieselben die Fäulnissproducte nur veranlassen oder in ihrem Körper erzeugen.

Bekanntlich enthält das Canalwasser auch Kali- und Ammoniaksalze, sowie Schwefelwasserstoffverbindungen, welche in der vorliegenden Frage in Betracht kommen könnten. Aus der folgenden Erörterung geht jedoch hervor, dass weder die im Canalwasser gelösten Kali- und Ammoniaksalze noch die Schwefelwasserstoffverbindungen bei Entstehung des geschilderten Symptomencomplexes und des tödlichen Effectes betheiligt sind.

Auf Schwefelwasserstoff haben wir alle zum Experiment verwendeten Proben qualitativ mit alkalischer Bleilösung, nach vorheriger Behandlung des Canalwassers mit Natriumcarbonat- und Natriumhydratlösung, geprüft und in 100 ccm häufig keine, hie und da nur eine kaum merkbare Braunfärbung nachweisen können. H_2S ist daher in Spuren im Canalwasser, die wirkungslos sind. O. Weber[1]) spritzte einem Kaninchen 0,05 g gesättigtes Schwefelwasserstoffwasser ein. Das Thier erholte sich, nachdem vorübergehende Krämpfe und eine mässige Diarrhöe eingetreten waren, in kurzer Zeit.

Ammoniak fanden wir nach der Methode von Frankland und Armstrong bis zu 15 mg in einem Liter Münchener Canalwasser. Die englischen Canalwässer enthalten nach den Berichten der Rivers Pollution Commission 54—67 mg Ammoniak pro Liter.

Die vorhandene Menge des Ammoniak ist somit ebenfalls minimal und daher indifferent. Kaninchen von 12—1500 g Körpergewicht kann man $^4/_5$—1 $^1/_2$ g NH_3 direct ins Blut injiciren, ohne dass dieselben zu Grunde gehen. Die von uns mit dem Canalwasser injicirte Menge beträgt aber nicht einmal 1 mg. Zudem er-

1) Prof. Dr. O. Weber, Experimentelle Studien über Pyämie, Septicämie und Fieber. Deutsche Klinik 1864 Nr. 50.

lischt bei mit Ammoniak vergifteten Kaninchen, wie Rosenstein[1]) gezeigt hat, die Reflexerregbarkeit vollkommen, während dieselbe bei Vergiftung mit Canalwasser entschieden gesteigert ist.

Das eben Erwähnte gilt auch für die injicirten Mengen des wässerigen Extractes vom Canalwasserrückstand.

Die Menge der Kalisalze endlich ist selbst in diesem so gering, dass durch dieselbe unmöglich der Tod des Thieres bewirkt werden konnte. Angenommen es wäre die Gesammtmenge des Rückstandes von 500 ccm Canalwasser durch Behandlung mit heissem destillirten Wasser in Lösung gekommen, so wären dies immerhin nur 0,26 g. Wenn diese 26 cg lediglich aus Chloralkalien bestehen würden, — sie könnten nicht genügen, um ein Kaninchen zu tödten; denn dazu ist nach Bunge u. A. mindestens 1,0—1,5 g KCl bei Einspritzung unter die Haut nothwendig.

Berücksichtigt man alle Erscheinungen: das Verhalten der Körpertemperatur, die Krankheitssymptome und den pathologisch-anatomischen Befund, so kann man nicht mehr im Zweifel sein, dass die deletären Wirkungen des Canalwassers lediglich durch die in demselben befindlichen sog. putriden Stoffe hervorgerufen werden.

VII. Wirkung des gekochten Canalwassers und des wässerigen Extractes.

Einen weiteren Beweis für die Richtigkeit dieses Satzes finden wir darin, dass wir mit gekochtem Canalwasser und mit dem wässerigen Extract des Rückstandes ähnliche Wirkungen erzielten wie diejenigen Forscher, welche mit putriden Infusionen anderer Art gearbeitet haben. Ein vergleichender Blick auf die obigen Tabellen (S. 572 f. u. 575 f.) zeigt, dass durch ½ stündiges Kochen die Virulenz des putriden Giftes im Canalwasser zwar nicht aufgehoben, aber sehr bedeutend herabgesetzt wird. Im Besonderen wollen wir nur den Fall 2 der ersten und Fall 4 der zweiten Tabelle in Parallele stellen. Bei beiden wurde ein und dasselbe Canalwasser, aber das eine Mal im frischen Zustande, das andre Mal nach ½ stündigem Kochen injicirt. Trotzdem von dem ersteren nur 20 ccm, von dem letzteren dagegen 50 ccm einem fast gleich schweren Kaninchen inji-

1) Rosenstein, Das kohlensaure Ammoniak und die Urämie. Virchow Archiv Bd. LVI S. 383—397.

cirt wurden, trat im ersteren Fall eine hohe und lang andauernde Pyrexie (Steigerung der Körpertemperatur um 2,3° C.) und schliesslich der Tod ein, während bei jenem Kaninchen, welchem fast die dreifache Menge des gekochten Canalwassers eingespritzt wurde, nur ein kurz dauerndes Fieber (Temperaturerhöhung um 1,3° C.) und baldige Genesung sich einstellte. Die Zerstörbarkeit des putriden Giftes durch Kochen unterliegt gegenwärtig noch der Controverse. Panum[1]) fand, dass die Intensität des Giftes auf $^1/_5$ oder $^1/_6$ der ursprünglichen durch 11 stündiges Kochen reducirt wird, während Kehrer[2]) als Resultat seiner Untersuchungen angiebt, dass die toxischen Körper in Faulflüssigkeiten durch längeres, über $^1/_4$—$^1/_2$ stündiges Kochen unwirksam werden.

Im Canalwasser wird der der Siedehitze ausgesetzte Infectionsstoff rascher vernichtet als z. B. in jener Flüssigkeit, welche Panum aus faulem Hundefleisch durch Infundiren mit destillirtem Wasser bereitete. Der Grund dieser Verschiedenheit liegt wohl hauptsächlich in der verschiedenen Concentration der Flüssigkeit, welche nach Nägeli[3]) dahin wirkt, „dass bei irgend einem Temperaturgrad zwischen 30 und 110° die Tödtung der Spaltpilze innerhalb einer bestimmten Zeit erfolgt".

Durch Eindampfen einer grösseren Menge von Canalwasser auf einem Wasserbade, dessen Temperatur den Siedepunkt nahezu erreichte, und schliessliche Extraction des bei 100° C. getrockneten Rückstandes mit heissem destillirten Wasser wird der toxische Stoff nicht nur nicht zerstört, sondern man erhält sogar auf diese Weise eine concentrirtere, wirksamere Lösung desselben. 8 ^{ccm} eines ziemlich concentrirten Canalwassers tödteten nach subcutaner Injection ein junges Kaninchen erst nach 18 Stunden, während 8 ^{ccm} des wässerigen Extractes der nämlichen Canalflüssigkeit bei einem gleich schweren Thier den stürmischsten Krankheitsverlauf und den Tod

1) Dr. L. Panum, Das putride Gift, die putride Infection oder Intoxication und die Septicämie. Virchov Archiv 1874 Bd. LX S. 325.

2) F. A. Kehrer, Ueber das putride Gift. Archiv für experimentelle Pathologie und Pharmakologie Bd. II S. 61 Jahrg. 1874.

3) C. v. Nägeli, Die niederen Pilze in ihren Beziehungen zu den Infectionskrankheiten und der Gesundheitspflege. München 1877. S. 30.

schon nach 4 Stunden herbeiführten. Der Umstand, dass die Noxe im Rückstand nach längerem Trocknen desselben bei 100° C. nicht vernichtet wird, während dieselbe durch gleich langes Kochen verschwindet, erklärt sich aus einer Beobachtung Nägeli's[1]) u. A., nach welcher für Pilze im trockenen Zustande eine viel höhere Temperatur zur Tödtung nothwendig ist als für die nämlichen Pilze im feuchten Zustande.

VIII. Die Unterschiede in der Wirkung von reinem und verunreinigtem Wasser (Canalwasser).

Da bei den Versuchen mit verunreinigtem Wasser häufig grosse Dosen injicirt wurden, so ist es aus diesem und aus später zu erörternden Gründen nothwendig, zu untersuchen, ob es möglich ist, die durch Injection von reinem Wasser gesetzten Wirkungen mit Bestimmtheit von jenen zu unterscheiden, welche durch subcutane Einspritzung von Canalwasser (oder überhaupt von Wasser, welches putride Stoffe enthält) hervorgerufen werden.

Bergmann giebt, wie schon erwähnt, an, dass die Injection reinen Wassers ähnliche Temperaturschwankungen hervorbringe wie die Einspritzung putrider Flüssigkeiten. Der nämliche Forscher hat darauf aufmerksam gemacht, dass nach Einspritzung faulender Flüssigkeiten unter die Haut die makroskopischen Veränderungen an der Leiche, besonders im Darmtractus nicht so prägnant seien wie bei der Infusion in die Venen. „Die faulenden Flüssigkeiten, welche in das Unterhautzellgewebe injicirt werden, bewirken keine anderen Störungen als die einer acuten Phlegmone“ (Prof. E. Bergmann, Zur Lehre von der putriden Intoxication“. Deutche Zeitschrift für Chirurgie 1872 S. 377). Dem gegenüber müssen wir behaupten, dass sowohl die Temperaturverhältnisse als auch der pathologisch-anatomische Befund charakteristisch und prägnant sind und dass die Differential-Diagnose, ob Tod durch blosse Wirkung des Wassers oder durch putride Stoffe keine Schwierigkeiten bietet. Auch Hemmer[2]) findet, „dass gerade die subcutane In-

---

1) a. a. O. S. 30.

2) Dr. M. Hemmer, Experimentelle Studien über die Wirkung faulender Stoffe auf den thierischen Organismus S. 123.

jection das schönste Bild der putriden Infection bietet, und zwar jedesmal, wenn die genügende Menge des Infectionsstoffes seine Aufnahme ins Blut finden konnte".

Wollen wir entscheiden, ob der Tod eines Versuchsthieres durch Wasser oder durch putride Stoffe erfolgt ist, so haben wir zu beobachten:

1) Das Verhalten der Körpertemperatur.

Bei Thieren, welchen grosse Mengen von destillirtem Wasser (200 ccm) eingespritzt wurden, tritt sofort Temperaturdepression ein, welche bis zum Tode fortschreitet. Wird die gleiche Menge Canalwasser injicirt, so treten zwar ebenfalls sofort Collapstemperaturen auf, aber der Tod des Versuchsthieres erfolgt viel rascher und unter ganz anderen Erscheinungen.

Bei endermatischer Application kleinerer Mengen destillirten oder reinen salzhaltigen Wassers (60 ccm bei ausgewachsenen Thieren) stellt sich zwar häufig eine Temperaturerhöhung ein, dieselbe hält aber nicht länger als 1—1½ Stunden an und beträgt höchstens 1,0° C. Dagegen hat die subcutane Injection einer um vieles geringeren Menge von Canalwasser oder auch die gleiche Quantität eine höhere, viele Stunden lang dauernde Fiebertemperatur zur Folge.

2) Krankheitserscheinungen.

Bei Thieren, welche in Folge der Injection grosser Wassermengen zu Grunde gehen, tritt immer Hämaturie, oder genauer gesagt Hämoglobinurie auf. Das injicirte Wasser löst grosse Mengen von Blutkörperchen auf; es erscheint alsdann Hämoglobin und Methämoglobulin im Harn und letzterer wird dunkelroth (weinroth) gefärbt. Blutkörperchen findet man nur in geringer Anzahl im Harn; ihr Erscheinen ist übrigens erklärlich, da durch die Section die Rhexis zahlreicher Nierengefässe stets nachgewiesen werden konnte.

Die wichtigsten differential-diagnostischen Punkte, welche uns der Krankheitsverlauf an die Hand giebt, sind die Erscheinungen in der letzten Stunde und kurz vor dem Tode. Thiere, welche durch Injection destillirten Wassers sterben, verfallen vor dem Tode in einen etwa eine Stunde dauernden komatösen Zustand, es treten Respirationspausen und darauf Beschleunigung der Athmung auf.

Die Thiere sterben ohne Convulsion, oder wenn solche auftreten, so sind dieselben sehr schwach, von kurzer Dauer und werden von längeren freien Intervallen unterbrochen. Bei Kaninchen, welche an Canalwasservergiftung sterben, beobachtet man immer die intensivsten clonischen Krämpfe, die oft so bedeutend sind, dass die Thiere leicht in die Höhe oder im Kreise herumgeworfen werden. Daran schliesst sich heftiger allgemeiner Tetanus, besonders auch Krampf der Exspirations- und Kehlkopfmuskeln, in Folge dessen die Athmung mit einer vollständigen Exspiration sistirt, wobei gleichzeitig ein lauter Schrei ausgestossen wird. Das Herz schlägt noch kurze Zeit fort. Während die an blosser Wasserinjection in Coma verfallenen Thiere in verschiedenen Stellungen, in welche man sie versetzt, z. B. in der Rückenlage, verharren, folgt bei den an heftiger putrider Intoxication sterbenden Kaninchen auf einen solchen Versuch ein Paroxismus von Convulsionen, der das Thier sofort auf die Seite wirft.

Ueberhaupt ist die Reflexerregbarkeit sehr erhöht, die Krämpfe lassen sich leicht durch äussere Reize hervorrufen. Die genaue Beobachtung des Pulses, der Respiration und der Pupillen dürften noch weitere Unterschiede aufdecken. Bei den durch Wasserinjection getödteten Thieren waren die Pupillen vor dem Tode erweitert, bei den durch Canalwasser getödteten dagegen deutlich verengt.

3) Der Leichenbefund.

Der constanteste und wichtigste pathologisch-anatomische Befund bei Tod durch blosse Wasserinjection ist die Gehirn-Anämie, bei Tod durch Canalwasser die Gehirn-Hyperämie.

Die Hyperämie ist immer sehr deutlich und in allen Fällen so ausgesprochen, dass sie im Zusammenhalt mit einem normalen Gehirn oder dem eines an Wasserinjection zu Grunde gegangenen Thieres niemals zu verkennen ist. Die Anämie bei den letzteren ist wohl durch Transsudation von Flüssigkeit bedingt und besonders an der grauen Substanz, an der Verfärbung derselben leicht erkennbar. Auch die der putriden Infection charakteristischen Darmerscheinungen fehlen. Dagegen finden sich häufig kleine Hämorrhagieen, besonders in den Nieren.

Von allen Experimentatoren, welche über putride Intoxication

arbeiteten, hat nur Max Schüller[1]) die Gehirnhyperämie in der gehörigen Weise beachtet und gewürdigt. „Schon bei der Eröffnung des Schädels fällt die starke Füllung der Piamater-Gefässe, welche man durch die Dura durchschimmern sieht, auf. Zuweilen ist eine mässige Ansammlung seröser Flüssigkeit unter der Dura mater zu bemerken. Die abnorme Füllung der Gefässe, welche übrigens Arterien wie Venen betrifft, erstreckt sich ebenso auf das Gehirn selber. Dasselbe zeigt auf dem Durchschnitt zahlreiche feine Blutpunkte und die sehr deutliche und scharfe Abgrenzung der grauen und weissen Substanz, Dinge, welche ich niemals in diesem Grade bei getödteten gesunden Thieren ausgeprägt fand, und ich hatte erst vor Kurzem während meiner Arbeiten „über die Gehirngefässe" genügsam Gelegenheit und Veranlassung, darauf zu achten".

Wer dies beachtet, wird in allen Fällen leicht entscheiden können, ob das Thier durch die toxischen Stoffe oder bloss durch das Wasser getödtet worden ist.

IX. Ueber die Einführung verunreinigten Wassers in den Magen.

Sämmtliche Beobachter, welche sich mit der putriden Intoxication eingehend beschäftigten, sprechen sich dahin aus, dass man unverhältnissmässig grössere Dosen faulender Flüssigkeiten in den Magen einbringen könne, ohne das Befinden der Versuchsthiere wesentlich zu beeinflussen, als in die Venen oder in das Unterhautzellgewebe. (Billroth, Stich, Schweninger, Hemmer u. A.)

Bergmann fasst das Resultat der bis zum Jahre 1872 vorliegenden Versuche dahin zusammen: „In den Magen können grosse Dosen faulender Flüssigkeiten gebracht werden, ohne das Allgemeinbefinden der Versuchsthiere sichtbar zu alteriren. Bei Thieren, welche leicht zum Erbrechen geneigt sind, wie Hunde und Katzen, werden die mittelst der Schlundsonde eingeführten Massen rasch erbrochen; Kaninchen und Pferde reagiren in keiner Weise auf dieselben."

Hemmer brachte einem Kaninchen 1,09 g putrides Gift in den Magen; das Thier blieb am Leben. Ein anderes Kaninchen,

---

1) Experimentelle Beiträge zum Studium der septischen Infection v. Dr. Max Schüller in Greifswald. Deutsche Zeitschrift für Chirurgie Bd. VI S. 122.

welchem 60 g putrider Flüssigkeit = 2,18 g putrides Gift in den Magen eingespritzt worden waren, starb erst nach 3 Tagen.

Die Quantität der putriden Stoffe war in diesen Versuchen eine sehr grosse.

Da ein Liter Canalwasser nur 0,5 — 1 g feste Stoffe enthält, so war von vornherein wahrscheinlich, dass die Einspritzung desselben mittelst der Schlundsonde in den Magen von den Thieren auch in grösserer Quantität gut ertragen werden musste.

Einem 1500 g schweren Kaninchen wurden an zwei auf einander folgenden Tagen in Intervallen von je 3 Stunden täglich viermal 150 ccm des folgendermassen beschaffenen Canalwassers mit elastischem Katheter und Trichtervorrichtung in den Magen gebracht.

1 l Canalwasser enthielt Milligramm:

	Chlor	Organische Stoffe
1. Tag	31,9	1089,3
2. Tag	53,2	1920,5

Die einzigen Erscheinungen, welche beobachtet wurden, waren leichter Frostschauer nach der Einspritzung und eine einige Stunden anhaltende Depression der Temperatur um 1° C. Das Thier war nach 3 Wochen noch vollkommen gesund und wurde alsdann zu anderweitigen Versuchen verwendet.

Einem anderen, um etwas schwereren Thiere wurden täglich auf je einmal 300 ccm Wasser, welches unmittelbar hinter der Sielmündung aus dem Schwabingerbach geschöpft worden war, an fünf auf einander folgenden Tagen in den Magen eingegossen. Auch dieses Thier blieb gesund.

Beschaffenheit des Wassers. Milligramm pro Liter.

Tag	Rückstand	Chlor	Organische Substanz
1	298,4	24,8	582,3
2	260,0	17,7	258,8
3	320,4	24,8	454,0
4	281,2	17,7	534,0
5	336,5	24,8	468,2

Das reine Isarwasser enthielt zur nämlichen Zeit:

Milligramm pro Liter

Rückstand	Chlor	Organische Substanz
156,0	1,0	37,3

Diese Immunität der Thiere beruht wohl zum Theil darin, dass die putriden Stoffe durch die Verdauungssäfte verändert und unschädlich gemacht werden, zum Theil vielleicht auch in dem Umstande, „weil die Spaltpilze unverletze Schleimhäute nicht zu durchdringen vermögen, weil sie überdem im Magen durch die Säure und weiterhin im Darm durch die Galle in ihrer Lebensenergie geschwächt werden“ (Nägeli).

Letzteres ist durch Versuche begründet; die Richtigkeit des ersten Satzes muss entschieden als zweifelhaft erscheinen, da nicht einzusehen ist, warum die Spaltpilze nicht eben so gut durch die Epithelien oder zwischen denselben hindurch in die Chylusräume gelangen sollten, wie Fetttröpfchen und andere kleine Partikel fester Körper, die man darin gefunden hat. Letzerich[1]) will seine, übrigens mehr als zweifelhaften Typhusorganismen, isolirte Kokken und Plasmakugeln in den Follikeln der Peyer'schen Plaques in grosser Anzahl gesehen haben. Es ist endlich noch denkbar, dass die Resorption des putriden Giftes wie jene des Curare durch die Epithelien des Magens und Darms erschwert wird (Panum).

Man würde sehr unwissenschaftlich zu Werke gehen, wollte man die obigen Versuchsresultate direct auf den Menschen übertragen. Es ist höchst wahrscheinlich, dass das putride Gift ein Alkaloid oder ein alkaloidähnlicher Körper ist.

Selmi, Rörsch, Zülzer u. A. haben aus faulenden Organen menschlicher Leichen ziemlich übereinstimmende alkaloidartige Körper dargestellt. Lombrosso gewann aus faulendem Mais eine alkaloidische Substanz, welche unter Convulsionen den Tod verursachte[2]). Alle diese bei der Fäulniss gebildeten Körper geben die Alkaloid-Reactionen mit Phosphormolybdänsäure, Platinchlorid, Jodjodkalium, Tannin und Quecksilberchlorid; sie haben ähnliche Wirkungen wie Panum's putrides Gift oder wie das von Bergmann, Dragendorff und Schmiedeberg dargestellte Sepsin, während sie anderer-

1) Dr. L. Letzerich, Experimentelle Untersuchungen über Typhus abdominalis. Archiv für experimentelle Pathologie und Pharmakologie 1878 Bd. IX Hft. 3 u. 4 S. 312—328.

2) Vgl. Studien über die putride Intoxication v. W. Zülzer. Archiv für experimentelle Pathologie und Pharmakologie Bd. VIII S. 133—140.

seits wieder von diesen verschieden sind, insofern sie, wie Husemann[1]) angiebt, die putride Darmaffection nicht erzeugen.

Wir wollen nun einmal das putride Gift als Alkaloid auffassen und dasselbe nach den Thatsachen beurtheilen, die über die Toxicität dieser Stoffe festgestellt sind.

Damit man uns aber nicht den Vorwurf machen kann, wir seien bei unseren Schlüssen nicht vorsichtig und sorgsam genug zu Werke gegangen, wollen wir das Morphin zum Vergleiche wählen, von dem man gesagt hat, dass man sich gerade bei ihm sehr hüten müsse „von Thierexperimenten Rückschlüsse auf den Menschen zu machen“, weil nämlich die tödlichen Gaben für den Menschen und die Thiere zu Ungunsten des ersteren in hohem Grade differiren.

Es ist bekannt, dass das Morphin von Hunden in 20—40mal grösserer Dosis vertragen wird als von Menschen, was nach Buchheim in dem quantitativen und qualitativen Unterschied des Grosshirns begründet ist. Kaum ein anderes Gift zeigt dieses für den Menschen so ungünstige Verhältniss bezüglich der letalen Dosis. Beim Strychnin z. B. beträgt die tödliche Menge nach F. Falk für ein Kaninchen von 1000^{g} $0{,}6^{mg}$, für einen Hund von 3000^{g} $2{,}5^{mg}$ und für einen Menschen von $70000^{g} \cdot 30^{mg}$.

Nehmen wir an, das putride Gift verhalte sich wie das Morphin oder es sei seine Toxicität für den Menschen gegenüber den Thieren (Hunden, Katzen, Kaninchen) um das Doppelte, ja um das Dreifache grösser als dies für das Morphin constatirt ist, — es würde auch in diesem Falle die Menge der putriden Stoffe im verunreinigten Brunnen- und Flusswasser immer noch zu gering sein, um einen Menschen beim Genuss der gewöhnlich auf den Tag treffenden Dosis krank zu machen. Wenn wir nämlich sehen, dass grosse Mengen von Canalwasser bei Kaninchen keinerlei Krankheitserscheinungen hervorbringen, so dürfen wir, ohne Gefahr zu laufen, einen zu gewagten Schluss zu machen, annehmen, dass der Genuss desselben Canalwassers in 100facher Verdünnung für den Menschen unschädlich ist.

---

1) Th. Husemann, Ueber einige Producte des gefaulten Mais. Edend. Bd. IX S. 265.

Diese Erwägungen haben ein praktisches Interesse, sie kommen z. B. auch bei der gegenwärtig vielfach angeregten Frage der Feststellung zulässiger Grenzen der Flussverunreinigung in Betracht. Wir haben nun in München Bäche, welche dieselben Stoffe, wie sie in die Canäle gelangen, ebenfalls aufnehmen. Einige dieser Bäche enthalten jene Stoffe gegenüber dem Canalwasser in beiläufig 100facher Verdünnung. Ihr Wasser muss, wenn es als Trinkwasser genossen wird, aus den genannten Gründen unschädlich sein.

Es war daher gewiss kein tollkühnes Beginnen, wenn wir das Wasser dieser Bäche in grösserer Quantität, während längerer Zeit täglich als Trinkwasser benutzten, mit der Absicht die Richtigkeit der obigen Schlüsse auch denjenigen plausibel zu machen, die bis heute noch den Einfluss verunreinigten Trinkwassers auf die Gesundheit überschätzen und die sich unseren Deductionen gegenüber skeptisch verhalten würden, wenn wir es versäumten, den thatsächlichen Beweis zu bringen.

Wir benutzten zu diesen Versuchen den Hofgrabenbach und das sog. Krankenhausbächl. Beide nehmen grosse Mengen von Abfallstoffen aus Küchen, Waschküchen, Abtritten, Viehställen u. dgl. auf, sie haben von sämmtlichen Münchener Stadtbächen die geringste Wassermenge. Dieselbe beträgt für das Krankenhausbächl 0,273 $^{\text{Sec.-cbm}}$; der letztere ist kaum ein Meter breit und verläuft in einer Länge von 872 ^{m} zwischen den Häusern der Müller- und Blumenstrasse. Beide Bäche führen in ihrem Wasser Blätter von Kraut, Salat u. s. w., Leinwandfasern, Menschen- und Thierhaare, Kothpartikel und viele andere nicht gerade sehr appetitliche Dinge mit sich.

Ich trank das am Ende dieser Bäche geschöpfte Wasser während 14 Tagen, zu $^1/_2$ — 1 Liter täglich. Zugleich wurde in einer Probe desselben der Gehalt an gelösten Stoffen, an Chlor, Ammoniak und organischer Substanz bestimmt. Die Verunreinigung dieses Wassers gegenüber dem reinen Isarwasser veranschaulicht die folgende Tabelle:

Milligramm pro Liter.

Tag	Reines Wasser				Verunreinigtes Wasser			
	Rück-stand	Chlor	Am-moniak	Organ. Stoffe	Rück-stand	Chlor	Am-moniak	Organ. Stoffe
1	210,0	1,0	0,000	16,3	280,0	10,6	2,0	68,6
2	210,0	1,4	„	16,3	280,0	10,6	2,0	68,6
3	193,0	1,4	„	82,3	210,5	7,0	0,1	133,8
4	182,0	1,4	„	106,2	339,8	17,7	0,2	1134,7
5	205,0	1,4	„	80,0	250,0	7,0	0,1	115,0
6	210,2	1,0	Spur	114,9	278,6	10,6	0,25	201,0
7	168,0	1,4	0,000	80,4	240,2	17,7	—	—
8	164,1	1,4	„	74,5	220,0	14,1	2,55	183,8
9	156,0	1,4	„	37,3	186,0	2,1	Spur	84,7
10	160,0	1,4	„	70,5	207,0	10,6	1,0	252,8
11	162,0	1,4	„	54,0	198,5	10,6	0,2	113,4
12	214,0	1,4	„	80,9	226,0	7,0	0,1	98,0
13	205,6	1,4	Spur	—	240,0	—	—	—
14	194,5	1,4	0,000	—	242,0	—	—	—

Die ziemlich bedeutenden Schwankungen im Gehalt an organischen Stoffen des reinen Isarwassers sind wohl dadurch bedingt, dass dasselbe aus dem Glockenbach genommen wurde, an einer Stelle, wo das Wasser einer geringgradigen Einwirkung durch die Anwohner bereits ausgesetzt sein konnte.

Als ich das Wasser vom Tage Nr. 1 trank, hatte ich bereits einen ziemlich heftigen Magenkatarrh, der sich im Belegtsein der Zunge, Obstipation, Appetitlosigkeit und leichten Kopfschmerzen äusserte. Am folgenden Tage wurden nochmals ½ Liter desselben Wassers getrunken. Die Symptome der Gastritis dauerten fort, ohne dass sich dieselben gesteigert hatten. Am 3. Tage wurde das Wasser von Tag Nr. 3 (s. Tabelle) zu 800 ccm genommen. An diesem Tage trat zweimal Stuhl ein, und in den folgenden Tagen war der Appetit wieder normal und keinerlei Beschwerden mehr vorhanden. Der fortgesetzte Genuss des Wassers hatte also keinen ungünstigen Einfluss auf den Verlauf der Krankheit, welcher bei einfach diätetischem Verhalten ein kurzer und günstiger war. Auch das Wasser von Tag Nr. 5—14 verursachte keine Beschwerden. Von den Proben 4—10 tranken ausser mir freiwillig noch zwei Patienten,

von welchen der eine während fünf vorausgegangenen Tagen Obstipation, belegte Zunge, Kopfweh, Appetitlosigkeit und Schmerzen in den Wadenmuskeln hatte. Nachdem 600 ccm von Nr. 4 Morgens nüchtern getrunken worden waren, trat am Abend consistenter Stuhl ein, und bei weiterem Genuss der Proben 5—10 besserte sich der Zustand sichtlich. Der andere Patient litt an hochgradiger Gastrectasie. Die Spitze der eingeführten Magensonde konnte an der Symphyse palpirt werden. Der Gebrauch des verunreinigten Wassers zum Trinken, und zwar täglich zu 500 ccm, verschlimmerte den Zustand des Patienten, der zwar in der Ernährung sehr herabgekommen, im Uebrigen aber relativ wohl war, nicht im mindesten.

Etwa einen Monat nach Abschluss dieser Versuche hatte ich eine heftige Gastro-Enteritis acquirirt. Ich benutzte die Gelegenheit, den Verlauf derselben unter dem Genuss verunreinigten Wassers zu beobachten. Am 2. und 3. Mai war Verstopfung, Appetitlosigkeit und Brechneigung vorhanden. Am 4. Mai trat Morgens ziemlich consistenter Stuhl und Nachmittags profuse Diarrhöe ein. An demselben Tage wurden Abends 7 Uhr 500 ccm Wasser aus dem Krankenhausbach getrunken, welches folgende Beschaffenheit hatte:

Milligramm pro Liter

	Rückstand	Chlor	Ammoniak	Organische Stoffe
Reines Isarwasser .	229,0	—	0,000	57,0
Verunreinigtes Isarwasser	240,0	7,9	0,100	77,5

Die in Zunahme begriffenen Symptome der Enteritis steigerten sich nun zu bedeutender Heftigkeit. Es stellten sich während der Nacht sechs diarrhöische Stühle ein, der Magen und Darm waren auf Druck empfindlich und auch in der Milzgegend war leichter Schmerz vorhanden. Der Appetit lag gänzlich darnieder. Am 5. Mai wurden nochmals 600 ccm desselben Wassers getrunken. Die Diarrhöe dauerte fort. Abends wiederholtes Frösteln und hochgradige Uebelkeit. Am 6. Mai Einnahme von 600 ccm verunreinigten Wassers aus dem gleichen Bache. Der Unterschied im Gehalt an organischer Substanz gegenüber dem reinen Flusswasser war 25,3 mg pro Liter. Im

Uebrigen diätetisches Verhalten. Am 7. Mai erfolgte nur einmal mässig consistenter, farbloser Stuhl. Der Katarrh hatte sich also auch auf den Ductus choledochus fortgesetzt. Appetit und Allgemeinbefinden gut. Am 8. und 9. Mai ein durch Galle nicht gefärbter Stuhl, Wohlbefinden. Am 10. und 11. keine Defäcation. Am 12. Mai normal gefärbter Stuhl, Euphorie.

Der Genuss eines Trinkwassers, welches den in der obigen Tabelle bezeichneten Grad von Verunreinigung aufweist, bringt also im gesunden Organismus keine pathologischen Erscheinungen hervor; auch ein bestehender Magen- oder Darmkatarrh wird, bei sonst entsprechendem Verhalten, dadurch nicht verschlimmert. Ein wissenschaftlicher Gegner der Canalisation hat mir auf die, durch die chemische Analyse begründete Behauptung, dass das Isarwasser durch die jetzigen Canäle Münchens in irgendwie bedenklicher Art nicht verunreinigt werde, erwidert: „das könnten die Gegner erst dann als richtig anerkennen, wenn wir jenes Wasser selbst trinken würden". Diese Forderung hätte mir nicht erwünschter kommen können, weil ich gerade mit der obigen Versuchsreihe fertig war, deren Durchführung ich für nothwendig erachtete, nachdem ich aus den bisherigen Controversen ersehen hatte, dass sich die Gegner durch theoretische Raisonnements und selbst nicht einmal durch experimentelle Untersuchungen überzeugen lassen.

Andere Beobachter würden vielleicht, wollten sie meine Versuche fortsetzen, zu einem anderen Ergebniss gelangen; aber darüber bin ich gewiss, dass die Ursache des entgegengesetzten Resultates nicht in der Wirkung der im Wasser etwa vorhandenen schädlichen Stoffe zu suchen ist, sondern in dem mehr oder weniger empfindlichen und erregbaren Temperament des Beobachters.

Wer nämlich schon durch blosses Anschauen des verunreinigten Wassers Ekel bekommt, bei dem stellt sich beim Genuss desselben sicherlich auch Erbrechen ein, was man dann aber nicht als eine Wirkung der verunreinigenden Stoffe betrachten darf, sondern den Vorstellungen zuzuschreiben hat, welche solche Dinge bei verschiedenen Menschen je nach Umständen erregen oder nicht.

Wer dagegen die Verunreinigung des Wassers mehr von der Verstandesseite als von der Gefühlsseite auffasst, der wird finden,

dass die putriden Stoffe im Wasser ihrer geringen Menge wegen unschädlich sind; die übrigen „unappetitlichen Beimengungen“ werden ihm ziemlich gleichgiltig sein. Ein im Wasser befindliches Kopfhaar z. B. wird ihn nicht wie so manchen Anderen zum Brechen reizen, weil er weiss, dass 10 solcher mit dem bekannten Ungeziefer gleichzeitig genossen für seine Gesundheit irrelevant sind, vorausgesetzt dass er sich daran nicht ekelt, dass er jenes auf die Verdauung so ungünstig einwirkende Gefühl, das man Ekel nennt und das so oft zur Hyperästhesie ausartet, zu unterdrücken vermag. Das Letztere aber sollte man wenigstens von „einem naturwissenschaftlich Gebildeten“ erwarten.

Die Fortsetzung der obigen Versuche durch Andere wäre aus verschiedenen Gründen wünschenswerth. Sie dürfte, verbunden mit Injectionsversuchen an Thieren, wie wir sie mit Canalwasser durchführten, gewiss eher zu sicheren Anhaltspunkten hinsichtlich der Grenzen zulässiger Flussverunreinigung führen, als die ausschliessliche chemische und mikroskopische Untersuchung des Wassers, von welch letzterer selbst ein so ausgezeichneter Botaniker wie Nägeli zugesteht, dass sie beim heutigen Stande der Wissenschaft kein brauchbares Resultat liefern kann.

Wir wollen hier noch einige Injectionsversuche anführen, die wir mit verunreinigtem Wasser anstellten.

Einem 250^{g} schweren Kaninchen wurden 22^{ccm} des mit 100^{ccm} destillirten Wassers bereiteten wässerigen Extracts vom Rückstand aus $^{1}/_{2}$ Liter Wasser des Krankenhausbaches subcutan injicirt. Das Wasser enthielt:

Milligramm pro Liter

	Rückstand	Chlor	Organische Stoffe
Reines Isarwasser .	180,4	1,4	84,0
Wasser aus dem Krankenhausbach .	202,0	7,1	137,0

Das Thier bekam kein Fieber und blieb gesund.

Einem gleich grossen Kaninchen wurden 12 ccm des auf gleiche Weise bereiteten wässerigen Extracts vom Wasser des Schwabingerbaches subcutan injicirt.

Beschaffenheit des Wassers:

Milligramm pro Liter

	Rückstand	Chlor	Organische Stoffe
Reines Isarwasser .	186,0	1,4	39,0
Wasser aus dem Schwabingerbach .	229,0	10,6	97,4

Dieses Wasser wurde 1 m unterhalb jener Stelle geschöpft, an welcher der Bach das Canalwasser aufnimmt.

Der wässerige Extract enthielt in 100 ccm 48,8 mg feste Stoffe, während das Canalwasserextract an diesem Tage 70,6 mg in 100 ccm enthielt. Von letzterem tödteten 6 ccm ein Kaninchen in 5 Stunden; 12 ccm des ersteren dagegen waren bei einem eben so schweren Thier wirkungslos.

Die Wirkung des putriden Giftes ist also in dem durch das Wasser des Schwabingerbaches verdünnten Canalwasser nicht mehr vorhanden.

Der Grund dieser auffallenden Thatsache kann mit Bestimmtheit nicht angegeben werden.

Es wäre möglich, dass sich das putride Gift, in einer grösseren Menge Wasser gelöst, in andere, indifferente Verbindungen umsetzt, wie z. B. $CSNP(C_2H_5)_3C_6H_5,HCl$, das Chlorid einer aus Phenylsenföl und Triäthylphosphin entstehenden organischen Base[1], welches sich in einer grossen Quantität Wassers gelöst in Phenylsenföl und salzsaures Triäthylphosphin zerlegt.

Es wäre auch denkbar, dass der veränderte Salzgehalt des Wassers auf die durch das Canalwasser hineingebrachten pathogenen Spaltpilze ungünstige Wirkungen äussert. Denn die im Wasser löslichen Stoffe, die nicht als Nahrung dienen, wirken nach Nägeli[2])

1) Organische Chemie von Dr. H. Kolbe Bd. III S. 713.

2) C. v. Nägeli, Die niederen Pilze etc. München 1877. S. 28 u. 29.

auf die Pilze wie Gifte, „der schädliche Einfluss ist sehr ungleich, indem die einen schon in der allerkleinsten, die anderen erst in sehr grossen Gaben als Gifte sich bemerkbar machen“.

Endlich wollen wir noch eine Thatsache anführen, die auf unseren Fall einiges Licht zu werfen scheint. Es wirkt nämlich eine bestimmte Menge putriden Giftes in viel Wasser weniger intensiv, als wenn sich die gleiche Quantität in weniger Wasser befindet. Sanderson[1]) spritzte einem 6803 g schweren Hunde 8 ccm putriden Extractes wiederholt in die Venen, ohne dass der Tod erfolgte. Als aber die gleiche Menge des Extractes zur Hälfte eingedampft und dann demselben Versuchsthier, nachdem sich dieses während 8 Tagen vollständig erholt hatte, injicirt wurde, so starb das Thier.

X. Die Injection von verunreinigtem Trinkwasser ein Mittel zum Nachweis der etwaigen pathogenen Wirkungen desselben.

Bei den Forschungen über die Ursache der Infectionskrankheiten ist es von Wichtigkeit, eine Methode zu finden, durch welche man die putriden Stoffe im Trinkwasser, oder ihre etwaigen deletären Wirkungen auf den Organismus nachweisen kann. Hat man doch dem Trinkwasser und speciell seinem Gehalt an faulenden organischen Substanzen in einer Unzahl von Fällen eine ätiologische Bedeutung bei der Entstehung von Epidemieen zugeschrieben, allerdings ohne dass nur in einem einzigen Falle der exacte wissenschaftliche Beweis erbracht wurde, ohne dass man die Menge der genannten Substanzen überhaupt chemisch festgestellt und ohne dass man die Gesundheitsgefährlichkeit ihrer im verunreinigten Trinkwasser befindlichen Quantität experimentell demonstrirt hatte.

Es giebt bekanntlich bis heute keine Methode, durch welche die verschiedenen im verunreinigten Trinkwasser vorhandenen organischen Stoffe quantitativ bestimmt werden können. Man untersucht entweder nur die durch dieselben veranlasste Oxydirbarkeit des Wassers mittelst Chamäleonlösung, oder man verbrennt die or-

1) Dr. Sanderson, Neue Versuche über den Einfluss der Filtration durch Thoncylinder auf die Vernichtung der Virulenz putrider Flüssigkeiten. Medicin. Jahrbücher von Stricker. Jahrg. 1877 Hft. 3 S. 412.

ganischen Stoffe, bestimmt den Gewichtsverlust oder misst die Menge des dabei entstehenden Stickstoffs und der Kohlensäure, oder man bestimmt das durch die Einwirkung alkalischen Chamäleons gebildete Ammoniak. Diese Methoden erlauben zwar eine approximative Mengenschätzung der organischen Substanzen, sie geben uns aber keinen Aufschluss über ihre Natur, am allerwenigsten über ihre Gesundheitsgefährlichkeit.

Den ersten allseitig mit Freuden begrüssten Anlauf, das Gift aus Flüssigkeiten, welche faulende Substanzen enthalten, möglichst rein darzustellen, haben bekanntlich Bergmann und Schmiedeberg gemacht. Leider ist das Resultat kein vollkommen befriedigendes und kann für die experimentelle Trinkwasserhygiene vorläufig noch nicht verwerthet werden. Aber die Ergebnisse der zahlreichen Untersuchungen dieser und anderer Forscher über das putride Gift geben uns die Mittel an die Hand, dasselbe auch in Brunnenwasser, soweit es in demselben überhaupt in wirksamer Quantität vorhanden sein sollte, nachzuweisen.

Wenn das zu untersuchende Trinkwasser selbst, oder das wässerige Extract, in einer Menge von 40—80 ccm erwachsenen Kaninchen subcutan injicirt, keine länger dauernde Temperatursteigerung (um mehr als 1° C.) und schliesslich den Tod nicht zur Folge hat, dann enthält das Wasser keine putriden, keine gesundheitsschädlichen Stoffe, oder höchstens in so minimaler Menge, dass dieselben der Beachtung nicht werth sind.

Man kann endlich aus der Höhe des Fiebers, aus dem mehr oder weniger stürmischen Verlauf der Krankheit und aus dem Zeiteintritt des letalen Ausganges die Intensität der Intoxication beurtheilen und auch einen approximativen Schluss auf die Menge des Giftes machen.

Wir haben nun einige der seit Jahren am stärksten verunreinigten Brunnen Münchens auf putride, schädliche Stoffe in der angegebenen Weise untersucht und ein negatives Resultat erhalten.

Es wurden entweder 40—70 ccm des kurz vorher dem Brunnen entnommenen Wassers, oder 20—30 ccm des durch Abdampfen von

1 Liter gewonnenen wässerigen Extractes erwachsenen Kaninchen in das Unterhautzellgewebe eingespritzt.

XI. Gehalt des untersuchten Wassers an gelösten Stoffen.

Milligramm pro Liter

Nr.	Brunnen	Rückstand	Chlor	Salpetersäure	Ammoniak	Organ. Stoffe
1	Lindwurmstrasse Nr. 31 (jetzt Nr. 107)	1727,5	170,0	280,0	5,0	511,0
2	Lindwurmstrasse Nr. 35 (jetzt Nr. 111)	1684,0	156,0	311,1	5,5	667,2
3	Kreuzgasse Nr. 32 .	600,0	24,8	64,0	—	—
4	Kreuzgasse Nr. 8 .	446,0	17,7	56,0	—	48,1
5	Erzgiessereistrasse Nr. 30	910,0	81,5	86,6	5,0	438,8
6	Josephspitalstrasse Nr. 7	810,6	31,9	147,0	—	104,0
7	Reichenbachstrasse Nr. 30	351,5	7,0	4,6	0,5	50,4
8	Luitpoldstrasse Nr. 7	528,6	35,5	31,1	Spur	56,6

Körpertemperatur der Versuchsthiere nach Injection von

Nr. 2		Nr. 5	
Gewicht des Thieres 1590 g.		Gewicht des Thieres 820 g.	
Normaltemperatur 40,0° C.		Normaltemperatur 39,7° C.	
Injection von 70 ccm des Wassers Nr. 2.		Injection von 45 ccm des Wassers Nr. 5.	
Körpertemperatur nach 1 Stdn.	40,0° C.	Körpertemperatur nach 1 Stdn.	39,3° C.
„ „ 2 „	40,0° C.	„ „ 2 „	40,0° C.
„ „ 3 „	40,1° C.	„ „ 3 „	40,1° C.
„ „ 4 „	40,3° C.	„ „ 4 „	40,1° C.
„ „ 6 „	40,6° C.	„ „ 6 „	—
„ „ 8 „	40,5° C.	„ „ 8 „	40,6° C.
„ „ 10 „	40,5° C.	„ „ 10 „	40,2° C.
„ „ 11 „	40,0° C.	„ „ 11 „	40,0° C.
„ „ 18 „	39,9° C.	„ „ 18 „	39,5° C.

Sämmtliche Thiere blieben gesund. Das untersuchte Brunnenwasser enthält also keine putriden für die Gesundheit nachtheiligen Stoffe.

Obgleich die Brunnen Nr. 1 und 2 nach A. Wagner's Analysen das schlechteste Wasser der ganzen Stadt liefern, so ist der

Gesundheitszustand ihrer Consumenten doch ein ganz guter, und obgleich das Wasser so gelb gefärbt ist wie Rheinwein, so wird es doch zum Trinken nicht verschmäht, weil es im Sommer sehr frisch ist und trotz seines hohen Gehaltes an salpetersauren und anderen Salzen einen nicht widerlichen Geschmack hat.

Nach A. Wagner schwankte der Rückstand des Wassers Nr. 1 in früheren Jahren zwischen 1,14 und 1,68 g; als wir das Wasser untersuchten (Juli 1878), war die Rückstandmenge noch grösser als das damalige Maximum.

Ein Wasser, welches putride Intoxication bei subcutaner Injection bewirkt, unterscheidet sich in chemischer Beziehung von einem stark verunreinigten, aber unschädlichen Brunnenwasser nicht sowohl durch die absolute Menge des Rückstandes und der durch Chamäleon bestimmten organischen Substanz, sondern wesentlich dadurch, dass bei jenem die durch Kaliumpermanganat gefundene Quantität der organischen Stoffe immer grösser ist als jene der Rückstandmenge. Eine Thatsache, die sich aus dem Vergleich der obigen Brunnenwasseranalysen mit jenen des putrid wirkenden Canalwassers ergiebt.

Nr. 4—8 sind Brunnen aus Häusern, in denen zur Zeit, als ich das Wasser zum Experiment verwendete, je ein Typhus poliklinisch oder privatim von mir behandelt wurde.

In Nr. 7 der Josephspitalgasse kam 3 Wochen nach dem ersten Typhusfall ein zweiter vor mit tödlichem Ausgang.

Nr. 5 wurde von dem Patienten beschuldigt, die Krankheit verursacht zu haben. Wir können aber von keinem dieser Brunnenwasser behaupten, dass dasselbe bei Entstehung des Typhus Veranlassung war. Im Gegentheil, es berechtigt uns der Umstand, dass in diesem Wasser putride oder überhaupt schädliche Stoffe nachweislich nicht vorhanden sind, zu dem Schlusse: dass das Wasser in diesen Fällen auch als disponirendes, die Entstehung der Krankheit vorbereitendes oder begünstigendes Moment nicht betrachtet werden darf.

Man wird uns entgegenhalten, dass das Wasser zur Zeit, als wir es untersuchten, seine Beschaffenheit gegenüber jenem Zeitpunkte, wesentlich verändert haben konnte, in welchem die Infection stattfand.

Wir geben die theilweise Berechtigung dieses Einwandes zu, müssen aber darauf aufmerksam machen, dass jenen beiden Typhusfällen, welche in Haus Nr. 7 der Josephspitalgasse auftraten, das Wasser zu jener Zeit untersucht wurde, in welcher die Infection des zweiten Falles stattgefunden haben musste. Das Brunnenwasser ändert überdies seine Beschaffenheit nicht von einem Tage zum andern. Die Schwankungen sind, wenigstens hier in München, wesentlich bedingt durch länger dauernde atmosphärische Niederschläge oder anhaltende Trockenheit, sie gehen parallel mit den Schwankungen des Grundwassers und vollziehen sich wie diese in der Regel nicht plötzlich, sondern allmählich.

Sporadische Fälle eignen sich übrigens zu Untersuchungen über die Bedeutung des Trinkwassers als disponirende oder wirkliche Krankheitsursache nicht gut.

Wer aber in Zukunft eine Epidemie beschreibt und das Trinkwasser als ätiologisches Moment beschuldigt, von dem kann man verlangen, dass er die chemische Untersuchung durchgeführt hat, dass er zweitens das Wasser in der angedeuteten Weise experimentell geprüft und durch Thierversuche den Nachweis erbracht hat, dass das Wasser auch wirklich putride, gesundheitsschädliche Stoffe enthält.

Jede ätiologische Deutung einer Epidemie, welche diese Prämissen nicht erfüllt hat und gleichwohl das Trinkwasser als Veranlassung des Krankheitsausbruches hinstellt, ist als unwissenschaftlich abzuweisen und kann keinen Anspruch auf Berücksichtigung machen. Bisher ist man meist sehr oberflächlich zu Werke gegangen. In den bei weitem meisten Fällen wurde das Wasser gar nicht oder nur qualitativ auf organische Stoffe untersucht, und wo eine quantitative Untersuchung unternommen, die Menge der organischen Stoffe aber nicht für genügend erachtet wurde, da zögerte man nicht, selbst den starken Gehalt des Wassers an Natron und Magnesiasalzen zu beschuldigen, wie z. B. gelegentlich einer Dysenterie-Epidemie in der Provinz Oran, weil es eben immer das Wasser sein muss, welches die Krankheit erzeugt. In einem anderen Falle musste der reichliche Gehalt des Trinkwassers an „Salz und Eisen“

die Ursache typhöser Erkrankungen abgeben. So beschreibt Holden[1]) ein „iron-clad fever“, welches auf amerikanischen Kriegsschiffen ausbrach und als dessen Ursache nur die schlechte Ventilation und der reichliche Gehalt des Trinkwassers an Salz und Eisen angesehen werden konnte. (!) Salz und Eisen — welch eine Entdeckung — brachten es bei dieser Epidemie zu Delirien, Coma und Tod!

Man braucht übrigens nicht in Frankreich oder Amerika nach solchen Beispielen zu suchen, auch bei uns hört und liest man derartige Dinge Tag für Tag.

Angesichts solcher Thatsachen übt Nägeli eine noch zu milde Kritik, indem er sagt: „Wenn dem unreinen Wasser alles Mögliche zur Last gelegt wird, so beweist dies nur, wie mächtig das Vorurtheil in naturwissenschaftlichen Dingen noch ist, wie wenig man gerade das Entscheidende, die Mengenverhältnisse, würdigt, wie inconsequent man zu urtheilen und zu handeln sich gewöhnt hat. Anstatt die Frage in gründlicher und naturwissenschaftlicher Weise zu behandeln, anstatt zu untersuchen, welche Stoffe wirklich im Wasser vorhanden seien und in welcher Menge, ob dieselben überhaupt oder in dieser bestimmten Menge schädlich seien, begnügt man sich mit allgemeinen Vermuthungen, die theils naturwissenschaftlich unwahrscheinlich oder unmöglich, theils auch durch die Wissenschaft bereits widerlegt sind, und wenn ein praktischer Fall der eigenen vorgefassten Meinung zuzustimmen scheint, so behandelt man ein halb Dutzend andere, die bestimmt widersprechen, mit Geringschätzung.“

Wir wollten durch unsere Untersuchungen zeigen, in welcher Weise wir uns denken, dass man in Zukunft die Trinkwasserfrage fördern könne; dass dies nur mit Hilfe fortgesetzter chemischer Untersuchungen und mit Hilfe des Experimentes möglich ist, davon wird wohl Jedermann überzeugt sein.

Die Methode des Nachweises putrider Stoffe im Trinkwasser, wie wir sie bisher anwendeten, möchten wir nur als eine vorläufige

1) Americ. Journ. of med. science January p. 75 Jahrg. 1866. „An inquiry into the causes of certain diseases on ships of war. Read befor the Essex medic. Union.“

2) C. v. Nägeli, Die niederen Pilze etc. München 1877. S. 138.

betrachtet wissen, da wir hoffen, in nächster Zukunft eine bessere zum Vorschlag bringen zu können. Die diesbezüglichen Versuche haben wir noch nicht zum Abschluss gebracht.

Man könnte vielleicht nach dem Vorgange von Senator[1]), Mikulicz u. A. durch Extraction des Rückstandes mit wenig Glycerin ein schon in kleinster Dosis toxisches Extract aus Trinkwasser, welches man zu $^1/_2$ — 1 Liter eindampft, erhalten. Es wäre dabei der Umstand von Vortheil, dass das Glycerin die Salze des Rückstandes nicht auflöst, wohl aber die pyrogenen Stoffe. Senator erhielt nämlich durch Behandeln von eiterhaltigen Flüssigkeiten, namentlich von Sputum, mit Glycerin ein „vollständig wirksames pyrogenhaltiges Glycerin, welches in hinreichender Menge unter die Haut gespritzt eine mehrtägige Temperatursteigerung bis zu 2° über die Norm bewirkt". Jedenfalls dürfte nur eine sehr geringe Menge des Glycerin-Extractes eingespritzt werden, da, wie wir uns durch einen vorläufigen Versuch überzeugten, bei Thieren von 600^g schon 3^{ccm} reinen Glycerins nach subcutaner Injection genügen, um Hämaturie, Temperaturdepression und Tod nach einigen Stunden hervorzubringen.

Vielleicht könnte man auch durch Eindampfen von Brunnenwasser, bei Vermeidung von Temperaturerhöhung, unter der Luftpumpe eine wirksamere Lösung des etwa vorhandenen Giftes gewinnen und auf diese Weise schon geringe Mengen putrider Stoffe nachweisen. Die Menge der letzteren würde man nach der Quantität des Wassers abschätzen, welches man abdampfen musste, um pyrogene Wirkungen bei Thieren nach Injection des Rückstand-Extractes zu erhalten.

Es ist selbstverständlich, dass jeder Fortschritt in der Erkenntniss der Ursache und des Wesens der putriden Infection oder Intoxication auch für unsere Frage von Vortheil ist; jeder Fortschritt in dieser Hinsicht bedeutet einen Fortschritt der Hygiene.

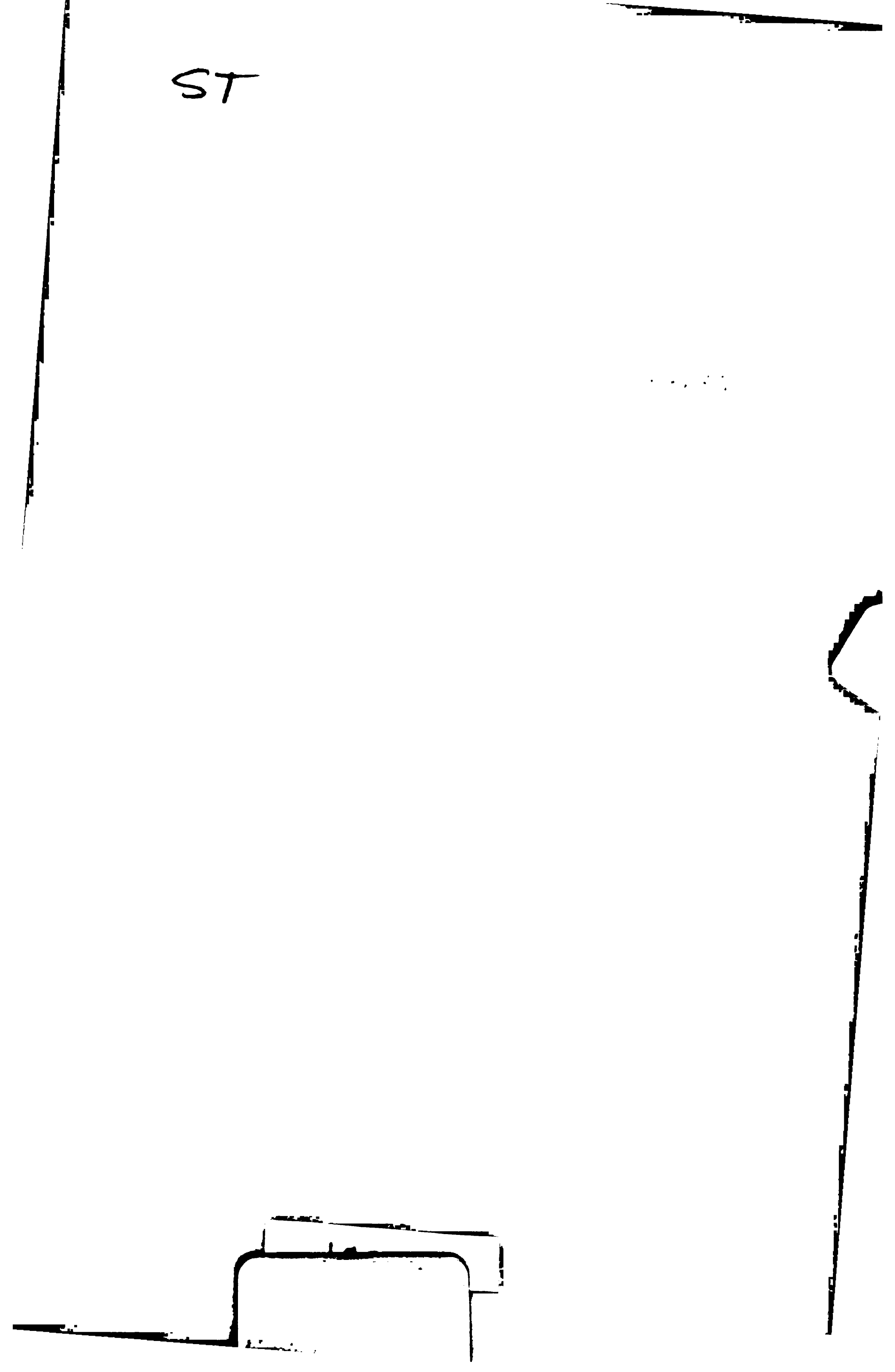
---

1) Dr. H. Senator, Weitere Beiträge zur Fieberlehre. Centralblatt für die medicin. Wissenschaften 1873 S. 84.

Berichtigungen.

Seite	455	Zeile	18	v. u.	lies	33	statt	23
„	459	„	11	„	„	Auffangen	„	Aufsaugen
„	463	„	12	„	„	dass aber	„	dass aber auch
„	464	„	2	v. o.	„	eben	„	aber
„	465	„	11	v. u.	„	Wasser	„	Wassermenge
„	470	„	11	v. o.	„	nicht mit	„	ohne
„	470	„	2	v. u.	„	33.	„	331.
„	470	„	1	„	„	27.	„	271.
„	481	„	16	v. o.	„	Substrats (y),	„	Substrats,

vD


ST